

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 3 月 18 日 (18.03.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/023541 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/3205,  
29/786, B41J 2/01, H05K 3/10

〒545-8522 大阪府 大阪市 阿倍野区長池町 2 2-2 2  
Osaka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/007170

(72) 発明者; および

(22) 国際出願日: 2003 年 6 月 5 日 (05.06.2003)

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中林 敬哉  
(NAKABAYASHI, Takaya) [JP/JP]; 〒519-1425 三重  
県 阿山郡 伊賀町川西 1 3 5 7 Mie (JP). 藤井 暁義  
(FUJII, Akiyoshi) [JP/JP]; 〒631-0801 奈良県 奈良市  
左京 3 丁目 2-1 7 Nara (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(74) 代理人: 原 謙三, 外 (HARA, Kenzo et al.); 〒530-0041  
大阪府 大阪市 北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南  
森町ビル 原謙三国際特許事務所 Osaka (JP).

(30) 優先権データ:  
特願2002-255646 2002 年 8 月 30 日 (30.08.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャー  
プ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP];

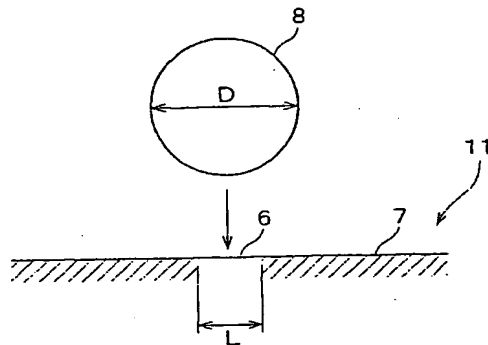
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: PATTERN FORMATION SUBSTRATE AND METHOD OF PATTERN FORMATION

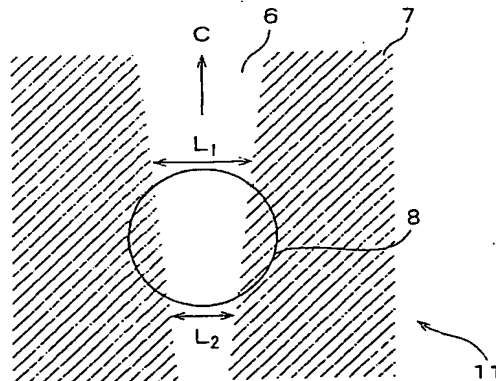
(54) 発明の名称: パターン形成基材およびパターン形成方法

(a)



(57) Abstract: A pattern formation substrate comprising a substrate having thereon a water repellent region exhibiting repellency to liquid drops and a hydrophilic line exhibiting affinity with liquid drops. The hydrophilic line has such a surface treatment that upon landing of a liquid drop thereon, the liquid drop moves in the arrowed direction. Thus, attachment of liquid drops to regions to which liquid drops should not be attached can be prevented, thereby enabling forming a pattern of desired characteristics.

(b)



(57) 要約: 本発明のパターン形成基材は、液滴に対する撥液性を示す撥液領域と、液滴に対する親液性を示す親水ラインとが基板上に形成される。上記親水ラインは、液滴が着弾したときに、該液滴が矢印方向に移動するように表面処理されている。これにより、液滴が付着してはならない領域に該液滴を付着させないようにして、所望する特性のパターンを形成することが可能となる。



ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## パターン形成基材およびパターン形成方法

## 技術分野

5 本発明は、液滴が対象面上に吐出されることで所定のパターンが形成されるパターン形成基材およびパターン形成方法に関するものである。

## 背景技術

10 近年、回路基板の配線パターンをインクジェット技術によって形成することが行なわれている。インクジェット技術を用いれば、配線パターンを基板上に直接形成できるので、従来のリソグラフィを用いた印刷技術のように、真空成膜→フォトリソ→エッチング→レジスト剥離工程といったコストのかかる工程を省略でき、その結果、安価に回路基板を作成することができるという効果を奏する。

15 ところで、インクジェットを用いて配線パターンを形成する場合、配線材料を含む流動状のインク（液滴）を吐出し、基板上の所定の位置に着弾させて配線パターンを形成している。このように、液滴を吐出して基板に着弾させた場合、基板表面の特性から着弾した液滴が拡がり過ぎたり、分離したりする虞がある。このため、所望する配線パターンを得ることができないという問題が生じる。

20 そこで、着弾した液滴が拡がり過ぎたり、分離したりすることを極力抑えて、所望する配線パターンを形成することのできる方法が、例えば、日本国公開特許公報『特開平 1 1 - 2 0 4 5 2 9 号』（1 9 9 9 年 7

月 3 0 日 公 開 ) に 開 示 さ れ て い る。

上記公報に開示された技術では、予め、配線パターンとなり得る領域を液滴と親和性を有するように、また、他の領域を液滴と非親和性を有するように基板表面を改質し、基板上の液滴と親和性を有する領域（パターン形成領域）に液滴を吐出し、配線パターンを形成している。この場合、パターン形成領域以外が液滴と非親和性の領域となっているので、基板上のパターン形成領域上に着弾された液滴は、該パターン形成領域を越えて拡がることはない。

また、上記公報に開示された技術では、着弾された液滴が分離したりしないように、液滴同士の一部が重なるように、液滴をパターン形成領域に着弾させている。これにより、基板に着弾した液滴が分離したりするのを防止している。

ところで、インクジェット法では、液滴が基板に着弾する際に液滴が飛び散ることにより着弾位置以外の領域に付着することがあるが、上記公報に開示されたパターン形成方法を用いた場合、形成したいパターンの全域に滴下する必要があるため、液滴が飛び散ることが許されない領域の近傍にも滴下する必要があるため、飛び散った配線材料が付着してはならない領域に付着する虞がある。例えば、T F T のソース・ドレイン電極の形成時に液滴がチャンネル部分に付着すれば、所望する T F T の性能を得ることができないという問題が生じる。つまり、T F T の歩留りの低下を招くことになる。

したがって、上記公報に開示されたパターン形成方法では、所望する特性の配線パターンを得ることができないことがあり、結果として、配線パターンの歩留りの低下を招くという問題が生じる。

本発明は、上記の問題点に鑑みなされたものであって、その目的は、液滴が付着してはならない領域に該液滴を付着させないようにして、所望する特性の配線パターンを形成することのできるパターン形成基材およびパターン形成方法を提供することにある。

5

#### 発明の開示

本発明のパターン形成基材は、液滴が対象面上に吐出されることで所定のパターンが形成されるパターン形成基材において、上記液滴が対象面上に接触したときの接触角が第1接触角の第1領域と、この第1領域と隣接し、上記第1接触角よりも小さな第2接触角の第2領域とが上記  
10 対象面上に形成され、上記第2領域は、液滴が着弾したときに、該液滴が所定の方向に移動するように表面処理されていることを特徴としている。

上記の構成によれば、第2領域に着弾された液滴が所定の方向に移動  
15 するようになるので、液滴の着弾位置を通常の着弾位置よりも離れた位置に設定することができる。ここで、通常の着弾位置とは、液滴が着弾したときに、第2領域の全方向に液滴が移動可能となる位置を示す。

これにより、通常の着弾位置近傍に、液滴が付着してはならない領域があるような場合に、該領域から離れた位置に液滴の着弾位置を設定す  
20 ることが可能となるので、液滴が付着してはならない領域に該液滴を付着させることを防止することができる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴が付着することによる不具合、例えば所望する特性の配線パターン（TFI）を得ることができないという問題を解消することができる。つまり、所望する特性の配線

パターンの歩留りを向上させることが可能となる。

また、着弾した液滴の、上記第2領域における液滴の移動方向側端の幅を第1ライン幅 $L_1$ 、該第2領域における液滴の移動方向とは反対方向側端の幅を第2ライン幅 $L_2$ 、第1領域における液滴の第1接触角を $\theta_1$ 、第2領域における液滴の第2接触角を $\theta_2$ 、液滴径を $D$ としたとき、以下の(1)式を満たすように、上記第1ライン幅 $L_1$ と第2ライン幅 $L_2$ とを設定してもよい。

$$L_1 > D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \}$$

且つ、

$$L_2 < D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} \quad \dots (1)$$

この場合、上記(1)式を満たすように、第1ライン幅と第2ライン幅が設定されることで、着弾した液滴を所定の方角、すなわち、第2領域の第2ライン幅側の領域から第1ライン幅側の領域へと移動させることができる。

このように、液滴の着弾位置におけるライン幅を(1)式を満たすように規定すれば、液滴が付着してはならない領域から離れた位置であっても、液滴の着弾位置にしても十分に配線を形成することが可能となる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴を付着させることがなくなるので、形成されるパターンの特性を低下させることがないので、パターン形成の歩留りを向上させることができる。

さらに、上記第1領域の液滴に対する接触角を第1接触角 $\theta_1$ 、着弾した液滴の該第2領域における一方側の領域の液滴に対する接触角を第2接触角 $\theta_2$ 、他方側の領域の液滴に対する接触角を第3接触角 $\theta_3$ 、

上記第2領域の幅をライン幅L、液滴の径を液滴径Dとしたとき、以下の(2)式を満たすように、上記の各接触角を設定すると共に、上記第1領域と、第2領域の2つの領域との3つの領域を跨ぐ位置を液滴の着弾位置に設定してもよい。

$$L \times \{1 + 2(\cos \theta_3 - \cos \theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

この場合、(2)式を満たすように、各領域における各接触角が設定されているので、第2領域のライン幅を変化させることなく、3つの領域を跨ぐように着弾した液滴を所定方向に移動させることができる。例えば、第2接触角 $\theta_2$ が第3接触角 $\theta_3$ よりも小さい場合には、第2領域において、着弾した液滴は第3接触角 $\theta_3$ の領域側よりも第2接触角 $\theta_2$ の領域側に多く移動する。ここで、第3接触角 $\theta_3$ が第1領域の第1接触角 $\theta_1$ と同じ大きさであれば、液滴は第3接触角 $\theta_3$ の領域で弾かれて、第2接触角 $\theta_2$ の領域側にのみ移動することになる。

このように、液滴の着弾位置におけるライン幅を(2)式を満たすように規定すれば、液滴が付着してはならない領域から離れた位置であっても、液滴の着弾位置にしても十分に配線を形成することが可能となる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴を付着させることがなくなるので、形成されるパターンをの特性を低下させることがなく、この結果、パターン形成の歩留りを向上させることができるという効果を奏する。

本発明のパターン形成方法は、以上のように、上記パターン形成基材上に液滴を吐出することを特徴としている。

上記の構成によれば、パターン形成基材上に着弾された液滴の移動方向を制御することができるので、液滴が付着してはならない領域から離れた位置を液滴の着弾位置に設定することができる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に付着することによる不  
5 具合、例えば配線パターンの歩留りの低下を防止することができる。

また、対象面上に、離散的に付着させた液滴同士をつなげて連続したパターンを形成してもよい。

この場合、液滴の吐出数を必要最小限にすることが可能となるので、タクトタイムの減少、液滴を吐出する機構の長寿命化を図ることが可能  
10 となる。

上記液滴の吐出にインクジェットヘッドを用いてもよい。

この場合、液滴を吐出するための機構として、プリンタ等に用いられる汎用のインクジェットヘッドを流用することができるので、パターン形成のための装置を安価に製造することができる。

15 上記第1領域および第2領域は、ほぼフラットに形成してもよい。

この場合、ほぼフラットとは、第1領域と第2領域との段差が、形成されるパターン厚みと比べて非常に小さい状態をいう。このようにすることで、第1領域と第2領域との液滴に対する親和性の差を明確にするためにバンクを形成する必要がないので、パターン形成の工程数を短縮  
20 することができる。

液滴が導電性粒子を含むようにしてもよい。

この場合、液滴を吐出して形成されるパターンが配線パターンとなるので、線幅、線厚のバラツキのない配線パターンを形成することができる。



本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。また、本発明の利益は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

## 5 図面の簡単な説明

図 1 (a) は、パターン形成基材に液滴が着弾する直前の状態を示す側面図である。

図 1 (b) は、パターン形成基材上に液滴が着弾した直後の状態を示す平面図である。

10 図 2 (a) は、液滴の撥水性を説明する図である。

図 2 (b) は、液滴の親水性を説明する図である。

図 3 は、本発明のパターン形成方法に適用されるパターン形成装置の概略斜視図である。

15 図 4 (a) ~ (d) は、基板上に親水領域と撥水領域とを形成するための工程を示す図である。

図 5 (a) (b) は、図 1 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 5 (a) は平面図、図 5 (b) は図 5 (a) の A A' 線矢視断面図である。

20 図 6 (a) (b) は、図 1 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 6 (a) は平面図、図 6 (b) は図 6 (a) の A A' 線矢視断面図である。

図 7 (a) (b) は、図 1 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 7 (a) は平面図、図 7 (b) は図 7 (a) の A A' 線矢視断面図である。

図 8 (a) (b) は、図 1 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 8 (a) は平面図、図 8 (b) は図 8 (a) の A A' 線矢視断面図である。

5 図 9 (a) (b) は、図 1 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 9 (a) は平面図、図 9 (b) は図 9 (a) の A A' 線矢視断面図である。

図 10 (a) (b) は、図 1 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 10 (a) は平面図、図 10 (b) は図 10 (a) の A A' 線矢視断面図である。

10 図 11 (a) ~ (d) は、パターン形成基材上に形成される第 2 領域の形状例を示す図である。

図 12 は、パターン形成基材上に形成される第 2 領域の他の形状例を示す図である。

15 図 13 は、パターン形成基材上に形成される第 2 領域のさらに他の形状例を示す図である。

図 14 は、本発明の他のパターン形成基材の平面図である。

図 15 (a) (b) は、図 14 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 15 (a) は平面図、図 15 (b) は図 15 (a) の B B' 線矢視断面図である。

20 図 16 (a) (b) は、図 14 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 16 (a) は平面図、図 16 (b) は図 16 (a) の B B' 線矢視断面図である。

図 17 (a) (b) は、図 14 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 17 (a) は平面図、図 17 (b) は図

1 7 (a) の B B' 線矢視断面図である。

図 1 8 (a) (b) は、図 1 4 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 1 8 (a) は平面図、図 1 8 (b) は図 1 8 (a) の B B' 線矢視断面図である。

5 図 1 9 (a) (b) は、図 1 4 に示すパターン形成基材を用いた T F T 製造工程の 1 工程を示し、図 1 9 (a) は平面図、図 1 9 (b) は図 1 9 (a) の B B' 線矢視断面図である。

発明を実施するための最良の形態

10 [実施の形態 1]

本発明の一実施の形態について説明すれば、以下の通りである。なお、本実施の形態では、液晶パネルの製造工程のうち、T F T (Thin Film Transistor) のソース・ドレイン配線のパターン形成方法について説明する。

15 まず、本発明のパターン形成方法を実現するためのパターン形成装置について、以下に説明する。

本実施の形態にかかるパターン形成装置は、図 3 に示すように、パターン形成の対象面を有するパターン形成基材としての基板 1 1 を載置するステージ 1 2 を備え、このステージ 1 2 上に、該基板 1 1 上に対して  
20 配線材料を含む流動状のインク（液滴）を吐出する液滴吐出手段としてのインクジェットヘッド 1 3 と、インクジェットヘッド 1 3 を y 方向に移動させる y 方向駆動部 1 4 および x 方向に移動させる x 方向駆動部 1 5 とが設けられている。

また、上記パターン形成装置には、インクジェットヘッド 1 3 に液滴

を供給する液滴供給システム16および液配管18と、インクジェットヘッド13の吐出制御、y方向駆動部14、x方向駆動部15の駆動制御等の各種制御を行なう装置コントロールユニット17とが設けられている。

- 5       上記インクジェットヘッド13と液滴供給システム16との間には、液配管18が設けられており、液滴供給システム16によってインクジェットヘッド13への液滴の供給制御が行なわれる。

- 10       また、上記インクジェットヘッド13、y方向駆動部14およびx方向駆動部15と装置コントロールユニット17との間には、信号ケーブル（図示せず）が設けられており、装置コントロールユニット17によって、インクジェットヘッド13の液滴の吐出制御、y方向駆動部14、x方向駆動部15の駆動制御が行なわれる。

- 15       すなわち、上記装置コントロールユニット17から、基板11への配線パターン情報（塗布位置情報）をy方向駆動部14、x方向駆動部15と連動してインクジェットヘッド13のドライバー（図示せず）に吐出情報が入力され、目的位置に目的量の液滴を供給するようになっている。これにより、基板11の全領域に対して、液滴を滴下することが可能となる。

- 20       上記インクジェットヘッド13としては、電圧を印加すると変形する圧電素子を使用し、瞬間的にインク室の液圧を高めることでノズルから液体（液滴）を押し出すピエゾ方式のインクジェットヘッドや、ヘッドに取り付けたヒータによって、液体内に気泡を発生させ、液体を押し出すサーマル方式のインクジェットヘッドが使用される。何れの方式のインクジェットヘッドであっても、圧電素子やヒータに印加する電圧に応

じて、吐出する液滴径を調整することができる。

本実施の形態では、上述したパターン形成装置において、インクジェットヘッド13として、 $55\mu\text{m}$ 径の複数ノズルを備えたピエゾ駆動型インクジェットヘッドを用いて、駆動電圧波形を変化させることにより、吐出液滴径を $50\mu\text{m}$ から $75\mu\text{m}$ まで変化させるようになっている。

上記基板11のパターン形成面の対象面となる表面に、図1(a)(b)に示すように、液滴8と親液性を示す親水ライン(第2領域)6と、液滴8と撥液性を示す撥水領域(第1領域)7とが形成される。親水ライン6と撥水領域7との形成方法については、後述する。図1(a)は、液滴8が基板11に着弾する前の状態を示す側面図であり、図1(b)は、液滴8が基板11上に着弾した直後の状態を示す平面図である。上記親水ライン6と撥水領域7とは、後述するように、化学的な処理が施されて得られるものであるので、基板11上でほぼフラットな状態となっている。このため、従来のようにバンクを形成して、配線パターンを形成する場合に比べて、製造工程数を減らすことができる。

ここで、図2(a)には、上記撥水領域7の液滴に対する接触角(第1接触角) $\theta_1$ が示され、図2(b)には、上記親水ライン6の液滴に対する接触角(第2接触角) $\theta_2$ が示される。このように、撥水領域7は、親水ライン6よりも液滴に対する接触角が大きく、液滴との濡れ性が低い、つまり、液滴との親和性が低い特性を有する領域であり、逆に、親水ライン6は、撥水領域7よりも液滴に対する接触角が小さく、液滴との濡れ性が高い、つまり、液滴との親和性が高い特性を有する領域である。

さらに、撥水領域 7 と親水ライン 6 との特性を明確にすれば、撥水領域 7 は、液滴を弾く撥液性を示すように調整された領域であり、親水ライン 6 は、液滴と馴染む親液性を示すように調整された領域であることが好ましい。

- 5       したがって、液滴に対して親液性の領域（親水ライン 6）と撥液性の領域（撥水領域 7）とを基板 11 上に設けることで、撥水領域 7 に着弾された液滴は弾かれて該撥水領域 7 に隣接する親水ライン 6 に移動し、該親水ライン 6 上を拡がるように移動する。

- 10       本願発明は、親水ライン 6 と撥水領域 7 を基板 11 上に設けることを前提とし、親水ライン 6 上での液滴の拡がる方向を制御するように、親水ライン 6 の形状が設定されている。

- すなわち、本実施の形態において、上記親水ライン 6 は、図 1 (b) に示すように、基板 11 上に着弾した液滴 8 の一方端側（図の矢印 C 方向側）のライン幅  $L_1$ （第 1 ライン幅）が他方端側（図の矢印 C 方向の反対方向側）のライン幅  $L_2$ （第 2 ライン幅）よりも大きくなるように  
15       設定されている。ここで、上記の各ライン幅を以下の（1）式を満たすように設定することで、親水ライン 6 において液滴が移動する方向を制御することができる。

$$20 \quad \begin{aligned} L_1 &> D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} \\ L_2 &< D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

ここで、D：液滴径

$\theta_1$ ：第 1 接触角

$\theta_2$  : 第2接触角

である。

上記(1)式の求め方について、以下に説明する。

上記のように、親水ライン6と撥水領域7、すなわち親撥水パターン  
5 が形成された基板11に液滴8を滴下することによるパターン形成を行  
なう際に、滴下した液滴8がパターン状に変形する場合と、変形しない  
場合とが考えられる。そこで、着弾後の液滴8は、より低いエネルギー  
状態の形状に変形することから、エネルギー変化を計算し、親水ライン  
6のライン幅Lに対してあらかじめ液滴8の径Dをコントロールするこ  
10 とにより、良好なパターン形成を行なうことが可能となる。

まず、図1(a)のように直径Dの液滴8が、両側を撥水領域7に挟  
まれたライン幅Lの等幅の親水ライン6上に滴下された場合を考える。  
前記液滴8が図2(a)のように撥水領域7に滴下された場合の接触角  
を $\theta_1$ 、親水領域7に滴下された場合の接触角を $\theta_2$ とすると、両側を撥  
15 水領域7に挟まれたライン幅Lの等幅の親水ライン6上に滴下された場  
合、接触角はカッシーの接触角 $\theta_c$  ( $\theta_1 > \theta_c > \theta_2$ )をとると仮定する。  
また、液滴8の表面エネルギーを $\gamma$ とし、滴下された液滴8の半径が  
 $x$ だけ収縮し親水ライン6に沿って伸びる間に、  
液滴8の変形に伴い消費されるエネルギー $\Delta W$ は、

$$\Delta W = 2D\gamma(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)x$$

と近似することができる。

変形によって増加する表面積を $\Delta S$ とすると、変形によって増加する  
液滴8の表面エネルギー $\gamma\Delta S$ は

$$\gamma\Delta S = \gamma(D-L)Dx/L$$

と近似することができる。

したがって、上記二つの和で表されるすべてのエネルギー変化  $\Delta E$  は

$$\Delta E = \gamma \{ D - L - 2L (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} D x / L$$

5 と表すことができる。

ここで、 $D - L - 2L (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) > 0$ 、すなわち

$$L < D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} \text{ のとき、}$$

液滴 8 の変形に対して  $\Delta E$  は単調増加となるため、変形は生じない。

また、 $D - L - 2L (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) < 0$ 、すなわち

$$10 \quad L > D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \}$$

液滴 8 の変形に対して  $\Delta E$  は単調減少となるため、すべて親水ライン 6 に入るまで、液滴は変形し続ける。

例えば、第 2 接触角  $\theta_2$  が  $0^\circ$ 、第 1 接触角  $\theta_1$  が  $90^\circ$  のときは、 $D < 3L$  となり、親水ラインの線幅の 3 倍までの径の液滴を使用しても配線 15 を適切に形成できることになる。つまり、この場合、液滴径の  $1/3$  の線幅の配線を形成することができることになる。

また、第 2 接触角  $\theta_2$  が  $0^\circ$ 、第 1 接触角  $\theta_1$  が  $180^\circ$  のときは、 $D < 5L$  となり、親水ラインの線幅の 5 倍までの径の液滴を使用しても配線 20 を適切に形成できることになる。つまり、この場合、液滴径の  $1/5$  の線幅の配線を形成することができることになる。

上記 (3) 式から、 $L > D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \}$  が導かれる。この式から、親水ライン 6 のライン幅  $L$  が、 $D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \}$  よりも大きいときに、液滴は該親水ライン 6 を移動することが可能であることが分かる。逆に、親水ライン 6 のライ



ン幅  $L$  が、 $D / \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\}$  よりも小さいときには、液滴が該親水ライン 6 を移動することができないことが分かる。

したがって、上記の (1) 式のように、親水ライン 6 の着弾した液滴の前後のライン幅  $L_1$ 、 $L_2$  を設定すれば、着弾した液滴は、 $D / \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\}$  以上の大きさに設定されたライン幅  $L_1$  側に移動し、 $D / \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\}$  以下の大きさに設定されたライン幅  $L_2$  側には移動しない。つまり、着弾した液滴を一方方向にのみ移動させることが可能となる。

上記構成のパターン形成基材を用いたパターン形成方法について、図 5 (a) (b) ないし図 10 (a) (b) を参照しながら以下に説明する。

図 5 (a) (b) に示すように、ガラス基板 21 上にゲート配線パターン 23、ゲートインシュレータ 22、 $a-Si/n+$  半導体層 24 が形成された基板 1 を用いる。

上記基板 1 上にソースおよびドレイン配線パターン形状に相当する親水ライン 6 と撥水領域 7 とで形成される親撥水パターンを形成するための処理について、図 4 (a) ~ 図 4 (d) を参照しながら以下に説明する。

まず、図 4 (a) 前記基板 1 上に、スピコート法等を用いて、シランカップリング剤などからなる濡れ性変化層 2 を塗布・乾燥させることで形成する。本実施例では濡れ性変化層 2 として、フッ素系非イオン界面活性剤である ZONYL FSN (商品名、デュポン社製) をイソプロピルアルコールに混合して用いた。

次に、図 4 (b) に示すように、あらかじめクロムなどからなるマス

クパターン4および酸化チタンなどからなる光触媒層5が形成されたフォトマスク3を通じてUV露光を行なう。本実施の形態では、光触媒層5は、二酸化チタン微粒子分散体とエタノールの混合物をスピコート法を用いて塗布した後、150℃で熱処理することで形成している。また、露光条件は、水銀ランプ（波長365nm）により70mW/cm<sup>2</sup>の照度で2分間露光を行なった。

その結果、図4（c）および図4（d）に示すように、UV露光された部分だけが濡れ性が向上し、親水パターンが形成される。ここで、図6（a）（b）に示すように、親水パターンとして、ソース領域25、ドレイン領域26が形成される。このソース領域25、ドレイン領域26の最も狭い部分のパターン幅20μmである。

次に、図7（a）（b）に示すように、親撥水パターンを形成した基板1上に配線材料をインクジェット方を用いて液滴27を滴下することで、ソースおよびドレイン配線を形成する。

ここで、上記液滴8の配線材料は、Ag微粒子を水とエタノールとジエチレングリコールの混合溶剤に分散させたものを用い、粘度はあらかじめ約10cPに調整している。ここで、本実施の形態において、撥水領域7における液滴の第1接触角 $\theta_1$ は80°、また、親水ライン6における液滴の第2接触角 $\theta_2$ は10°である。

次いで、上述したパターン形成装置を用いて、図7（a）（b）に示すように、親撥水パターンを形成した基板1上に液体配線材料である液滴27を吐出液滴径75μmで滴下する。液滴27の着弾位置は、図7（a）に示すように、最も狭い部分からパターン幅が広がる部分とした。つまり、液滴27の着弾位置におけるソース領域25、ドレイン領域

26は、図1(b)に示すようなライン幅の関係となり、各ライン幅は、上述した(1)式を満たすように設定されている。

このパターン部分に上述した液滴サイズで液滴27を滴下した場合には、図8(a)(b)に示したように、液滴27は、パターンの広がる方向に流れて拡散し、ソース領域25の一部をソース配線29にし、ドレイン領域26の一部をドレイン配線28にする。このとき、液滴27は、パターン幅の最も狭い部分には拡散しない。このよう液滴27を滴下することで、TFTのチャネル近傍(半導体層24近傍)に滴下することなく、定量的に液滴27を滴下することができるため、飛び散りなどによるチャネル部分における液滴27に含まれる金属材料の付着による歩留りの低下を防ぐことが可能となる。

次に、液滴径を50 $\mu$ mに調整して、パターン幅の最も狭い部分に液滴27を滴下することで、図9(a)(b)に示すように、目的のソース領域25およびドレイン領域26の全ての領域に配線材料を満たすことが出来る。

続いて、ソース領域25、ドレイン領域26を前記配線材料で満たした状態の基板1を200℃で乾燥および焼成することで、図10(a)(b)に示すようなソース配線およびドレイン配線が形成される。

上記のように、ソース領域25およびドレイン領域26上に、離散的に付着させた液滴同士をつなげて連続したパターン(ソース配線およびドレイン配線)が形成される。これにより、液滴の吐出数を必要最小限にすることが可能となるので、タクトタイムの減少、液滴を吐出する機構の長寿命化を図ることが可能となる。

本実施の形態では、液滴が滴下される親水ライン6のパターン形状と

しては、図11(a)(b)に示すように、線幅(パターン幅)が連続的に変化する形状を持っており、液滴を着弾させた両端の線幅をそれぞれ $L_1$ 、 $L_2$ とすると $L_1$ は $35\mu\text{m}$ 、 $L_2$ は $20\mu\text{m}$ である。この場合の液滴径と線幅に対する拡散結果は以下の表1に示す通りである。

5 【表1】

液滴径\線幅	$15\mu\text{m}$	$20\mu\text{m}$	$30\mu\text{m}$	$35\mu\text{m}$
$50\mu\text{m}$	x	○	○	○
$75\mu\text{m}$	x	x	○	○

○:拡散する      x:拡散しない

表1を参照し、液滴径・線幅を最適にすることで、着弾後の液滴の拡散方向を制御することが可能であることが分かる。

10      また、本実施の形態では、図11(a)(b)に示したようにパターン幅が連続的に変わる形状としたが、図11(c)のようにステップ状にパターン幅を変化させてもよい。また、図11(d)のようにパターン形状が折れ曲がった形状をしていてもよく。図11(c)(d)は、図11(a)(b)同様の効果を得ることができる。

15      また、図12に示すように、着弾位置においてパターンが分岐しているような形状をしている場合でも、線幅(ライン幅) $L_1$ 、 $L_2$ が上記の(1)式を満たしていれば(例えば液滴径 $75\mu\text{m}$ 、 $L_1=35\mu\text{m}$ 、 $L_2=20\mu\text{m}$ )であれば、着弾後の液滴は $L_1$ の方向のみに拡散する。

20      さらに、図13に示すように、着弾位置においてパターンが分岐しているような形状をしている場合であって、すべての方向の線幅が異なる場合でも、線幅(ライン幅) $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ のうち2つの線幅同士が上記の(1)式を満たす方向のみに拡散は生じる(例えば液滴径 $75\mu\text{m}$ 、 $L_1=35\mu\text{m}$ 、 $L_2=15\mu\text{m}$ 、 $L_3=20\mu\text{m}$ の場合は $L_1$ の方向のみに、液滴径 $75\mu\text{m}$ 、 $L_1=35\mu\text{m}$ 、 $L_2=15\mu\text{m}$ 、 $L_3=30$

$\mu\text{m}$ の場合は、 $L_1$ および $L_3$ の方向拡散する)。

以上のように、液滴が基板11上の対象面上に接触したときの接触角が第1接触角の第1領域(撥水領域7)と、この撥水領域7と隣接し、上記第1接触角よりも小さな第2接触角の第2領域(親水ライン6)とが上記対象面上に形成され、上記親水ライン6は、液滴8が着弾したときに、該液滴8が所定の方法に移動するように表面処理されていることにより、以下のような作用効果を奏する。

上記親水ライン6に着弾された液滴8が所定の方法に移動するようになるので、液滴8の着弾位置を通常の着弾位置よりも離れた位置に設定することができる。ここで、通常の着弾位置とは、液滴8が着弾したときに、親水ライン6の全方向に液滴が移動可能となる位置を示す。

これにより、通常の着弾位置近傍に、液滴8が付着してはならない領域があるような場合に、該領域から離れた位置に液滴8の着弾位置を設定することが可能となるので、液滴8が付着してはならない領域に該液滴8を付着させることを防止することができる。

したがって、液滴8が付着してはならない領域に液滴が付着することによる不具合、例えば所望する特性の配線パターン(TFT)を得ることができないという問題を解消することが。つまり、所望する特性の配線パターンの歩留りを向上させることが可能となる。

具体的には、図1(b)に示すように、着弾した液滴8の、上記親水ライン6における液滴8の移動方向側端の幅を第1ライン幅 $L_1$ 、該第2領域における液滴の移動方向とは反対方向側端の幅を第2ライン幅 $L_2$ 、第1領域における液滴の第1接触角を $\theta_1$ 、第2領域における液滴の第2接触角を $\theta_2$ 、液滴径を $D$ としたとき、以下の(1)式を満たすよ

うに、上記第1ライン幅 $L_1$ と第2ライン幅 $L_2$ とを設定すればよい。

$$L_1 > D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \}$$

且つ、

$$L_2 < D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} \quad \dots (1)$$

- 5      この場合、上記(1)式を満たすように、第1ライン幅と第2ライン幅が設定されることで、着弾した液滴を所定の方向、すなわち、親水ライン6の第2ライン幅側の領域から第1ライン幅側の領域へと移動させることができる。

- 10      このように、液滴8の着弾位置におけるライン幅を(1)式を満たすように規定すれば、液滴8が付着してはならない領域から離れた位置を、該液滴8の着弾位置にしても十分に配線を形成することが可能となる。

- 15      したがって、液滴8が付着してはならない領域に液滴を付着させることがなくなるので、形成される配線パターンの特性を低下させることがないので、配線パターン形成の歩留りを向上させることができる。

#### [実施の形態2]

- 20      本実施の形態にかかるパターン形成基材のパターン形成面側には、図14に示すように、液滴の接触角が第1接触角の第1領域としての撥水領域7と、液滴の接触角が第2接触角の第2領域としての親水ライン6aと、液滴の接触角が第2接触角よりも大きい第3接触角の第3領域としての親水ライン6bとが形成されている。

ここで、第1接触角 $\theta_1 >$ 第3接触角 $\theta_3 >$ 第2接触角 $\theta_2$ とする。つまり、第2接触角 $\theta_2$ の第2領域が液滴に対する濡れ性が一番高いことになる。

## 21

図14に示すように、親水ライン6a、親水ライン6b共にライン幅はLとし、滴下する液滴径はDとする。

そして、以下の(2)式を満たすように、各接触角を調整すれば、液滴の移動方向を制御することが可能となる。

$$L \times \{1 + 2(\cos \theta_3 - \cos \theta_1)\} \leq D \leq L \times \{1 + 2(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

上記(2)式の右辺は、前記実施の形態1で説明した(3)式、すな  
10 わち、 $D < L \{1 + 2(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \dots (3)$ と同じであり、撥水領域7と親水ライン6aとの間での液滴の移動を規定したものである。つまり、この右辺を満たすように第2接触角と第1接触角とが調整されれば、液滴は親水ライン6aのみに広がる。

また、(2)式の左辺は、撥水領域7と親水ライン6bとの間での液  
15 滴の移動を規定したものである。つまり、この左辺を満たすように第3接触角と第2接触角とが調整されれば、液滴は親水ライン6bに広がらない。しかしながら、撥水領域7と親水ライン6bとの関係も、上記(2)式の右辺のような関係になれば、液滴は親水ライン6bに広がる。

したがって、上記(2)式を満たすように、各接触角を調整すれば、  
20 パターン形成基材上に着弾した液滴は、親水ライン6aのみに広がることになるので、前記実施の形態1のように、親水ライン6の幅を変える必要はない。但し、液滴8は、中心がほぼ親水ライン6aと親水ライン6bとの境界に位置するように着弾する必要がある。

ここで、上記パターン形成基材を用いて、TF-T液晶ディスプレイパ

ネルのソースおよびドレイン配線パターンを形成する方法について以下に説明する。

図15 (a) (b) に示すように、ガラス基板31上にゲート配線パターン33、ゲートインシュレータ32、 $a-Si/n+$ 半導体層34が形成された基板1を用いる。

まず、図15 (a) (b) に示す基板1上に、前記実施の形態1と同様の方法で、ソースおよびドレイン配線となるべきパターンの親撥水パターンニング処理を施す。ただし、露光条件は、TF Tから遠い領域（第1露光領域）は水銀ランプ（波長365nm）により70mW/cm<sup>2</sup>の照度で1分間露光を行ない、また、TF T近傍の領域（第2露光領域）は2分間の露光を行なっている。ここで、図16 (a) (b) に示すように、親水パターンとしてのソース領域35、ドレイン領域36が形成される。これらの各領域のパターン幅は、35μmであり均一である。

なお、上記ソース領域35は、濡れ性の高い第1ソース領域35aと、該第1ソース領域35aよりも濡れ性の低い第2ソース領域35bとで構成される。また、上記ドレイン領域36も、ソース領域35と同様に、濡れ性の高い第1ドレイン領域36aと、該第1ドレイン領域36aよりも濡れ性の低い第2ドレイン領域36bとで構成される。第1ソース領域35aと第1ドレイン領域36aとの濡れ性は同じとし、第2ソース領域35bと第2ドレイン領域36bとの濡れ性は同じとする。

次に、親撥水パターンを形成した基板1上に、図17 (a) (b) に示すように、配線材料としての液滴37を、インクジェット方式を用いて滴下することで、ソースおよびドレイン配線を形成する。ここで用い



## 23

た液滴、インクジェットヘッドおよび装置は、前記実施の形態1で説明したものと同様である。

ここで、液滴37を撥水領域上に滴下した場合の第1接触角は $80^{\circ}$ 、液滴37を第2ソース領域35bおよび第2ドレイン領域36bからなる親水パターン（第2露光領域）上に滴下した場合の第3接触角は $45^{\circ}$ 、液滴37を第1ソース領域35aおよび第1ドレイン領域36aからなる親水パターン（第1露光領域）上に滴下した場合の第2接触角は $10^{\circ}$ である。

上記インクジェット装置を用いて、図17(a)(b)に示すように、親撥水パターンを形成した基板1上に液滴37を吐出液滴径 $75\mu\text{m}$ で滴下する。液滴の37着弾位置は、図17(a)(b)に示すように、第1露光領域と第2露光領域の境界近傍とした。つまり、液滴37の着弾位置におけるソース領域35、ドレイン領域36は、図14に示すような濡れ性、すなわち液滴37の接触角の関係となり、各接触角は、上述した(2)式を満たすように設定されている。

この部分にこの液滴サイズで滴下した場合には、図18(a)(b)に示したように、液滴37は第1露光領域である第1ソース領域35aおよび第1ドレイン領域36aの方向に流れて拡散し、ソース配線38およびドレイン配線39を形成し、第2露光領域である第2ソース領域35bおよび第2ドレイン領域36bには拡散しない。このように配線材料を滴下することで、TFTのチャネル近傍に滴下することなく、定量的に配線材料を滴下することができるため、飛び散りなどによるチャネル部分における金属材料の付着による歩留りの低下を防ぐことが可能となる。

次に、液滴径を  $50\ \mu\text{m}$  に調整して、パターン幅の最も狭い部分に滴下することで、図 19 (a) (b) に示すように、目的のソース配線 38 およびドレイン配線 39 すべての領域に液体材料を満たすことが出来る。

- 5      最後に、前記配線材料を滴下した基板 1 を  $200^\circ\text{C}$  で乾燥および焼成することで、ソースおよびドレイン配線が完成する。

線幅が  $35\ \mu\text{m}$  の場合の液滴の拡散については、以下の表 2 に示すような結果が得られた。

【表 2】

液滴径\接触角	$10^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
$50\ \mu\text{m}$	○	○	○	○
$75\ \mu\text{m}$	○	○	×	×

○: 拡散する      ×: 拡散しない

- また、本実施の形態では、パターン幅は一定とし、着弾液滴の両端の接触角が異なるように設定しているが、パターン幅を変化させても同様の効果がある。またパターンは一直線状であっても折れ曲がった形状でもかまわない。また、三分岐以上の分岐形状となっても同様の効果がある。

上記の構成であっても、着弾した液滴の移動方向を制御することが可能となるので、前記実施の形態 1 と同様の効果を奏する。

- 20      しかも、パターン形成基材としての基板 11 上において、図 14 に示すように、濡れ性に応じた領域（撥水領域 7、親水ライン 6a、親水ライン 6b）が形成され、これら 3 つの領域を跨ぐように液滴が着弾するようになっている。

具体的には、上記撥水領域 7 の液滴に対する接触角を第 1 接触角  $\theta_1$

## 25

、親水ライン 6 a の液滴に対する接触角を第 2 接触角  $\theta_2$ 、親水ライン 6 b の液滴に対する接触角を第 3 接触角  $\theta_3$ 、上記親水ライン 6 a、6 b の幅をライン幅 L、液滴の径を液滴径 D としたとき、以下の (2) 式を満たすように、上記の各接触角を設定すればよい。

$$5 \quad L \times \{1 + 2 (\cos \theta_3 - \cos \theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

この場合、(2) 式を満たすように、各領域における各接触角が設定されているので、親水ライン 6 a、6 b のライン幅を変化させることなく、3 つの領域を跨ぐように着弾した液滴を所定方向に移動させることができる。例えば、第 2 接触角  $\theta_2$  が第 3 接触角  $\theta_3$  よりも小さい場合には、親水ライン 6 a、6 b において、着弾した液滴は第 3 接触角  $\theta_3$  の親水ライン 6 b 側よりも第 2 接触角  $\theta_2$  の親水ライン 6 a 側に多く移動する。ここで、第 3 接触角  $\theta_3$  が撥水領域 7 の第 1 接触角  $\theta_1$  と同じ大きさであれば、液滴は第 3 接触角  $\theta_3$  の親水ライン 6 b で弾かれて、第 2 接触角  $\theta_2$  の親水ライン 6 a 側にのみ移動することになる。

このように、液滴の着弾位置におけるライン幅を (2) 式を満たすように規定すれば、液滴が付着してはならない領域から離れた位置であっても、液滴の着弾位置にしても十分に配線を形成することが可能となる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴を付着させることがなくなるので、形成されるパターンをの特性を低下させることがないので、パターン形成の歩留りを向上させることができる。

なお、上記の各実施の形態においては、配線形成に用いた液体配線材料 (液滴) は、Ag 微粒子を水とエタノールとジエチレングリコールの

混合溶剤に分散させたものを使用していたので、親液性を親水性、撥液性を撥水性と表現し記載しているが、例えば、液滴の配線材料を混合する溶剤が水系ではなく油系であってもよい。この場合には、親液性を親油性、撥液性を撥油性と表現すればよい。

5       また、上記の各実施の形態では、液滴をパターン形成基材である基板 11 に吐出するための機構として、インクジェットヘッドを利用したインクジェット方式を用いた例について説明したが、これに限定されるものではなく、液滴径が制御でき吐出できる機構であればよい。例えば、ディスペンサ方式等がある。

10       また、インクジェットヘッドも、ピエゾ型に限定されるものではなく、バブルジェット（登録商標）のようなサーマル型であってもよい。

15       以上のように、本発明のパターン形成基材は、液滴が対象面上に吐出されることで所定のパターンが形成されるパターン形成基材において、上記液滴が対象面上に接触したときの接触角が第1接触角の第1領域と、この第1領域と隣接し、上記第1接触角よりも小さな第2接触角の第2領域とが上記対象面上に形成され、上記第2領域は、液滴が着弾したときに、該液滴が所定の方

20       それゆえ、第2領域に着弾された液滴が所定の方

20       になるので、液滴の着弾位置を通常

20       ることができる。ここで、通常

20       、第2領域の全方向に液滴が移動可能となる位置を示す。

20       これにより、通常

20       があるような場合に、該領域から離れた位置に液滴の着弾位置を設定す

ることが可能となるので、液滴が付着してはならない領域に該液滴を付着させることを防止することができる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴が付着することによる不具合、例えば所望する特性の配線パターン（TFT）を得ることができないという問題を解消することが。つまり、所望する特性の配線パターンの歩留りを向上させることが可能となるという効果を奏する。

また、着弾した液滴の、上記第2領域における液滴の移動方向側端の幅を第1ライン幅 $L_1$ 、該第2領域における液滴の移動方向とは反対方向側端の幅を第2ライン幅 $L_2$ 、第1領域における液滴の第1接触角を $\theta_1$ 、第2領域における液滴の第2接触角を $\theta_2$ 、液滴径を $D$ としたとき、以下の（1）式を満たすように、上記第1ライン幅 $L_1$ と第2ライン幅 $L_2$ とを設定してもよい。

$$L_1 > D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \}$$

且つ、

$$L_2 < D / \{ 1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \} \quad \dots \quad (1)$$

この場合、上記（1）式を満たすように、第1ライン幅と第2ライン幅が設定されることで、着弾した液滴を所定の方向、すなわち、第2領域の第2ライン幅側の領域から第1ライン幅側の領域へと移動させることができる。

このように、液滴の着弾位置におけるライン幅を（1）式を満たすように規定すれば、液滴が付着してはならない領域から離れた位置であっても、液滴の着弾位置にしても十分に配線を形成することが可能となる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴を付着させること

がなくなるので、形成されるパターンの特性を低下させることがないので、パターン形成の歩留りを向上させることができるという効果を奏する。

さらに、上記第1領域の液滴に対する接触角を第1接触角 $\theta_1$ 、着弾した液滴の該第2領域における一方側の領域の液滴に対する接触角を第2接触角 $\theta_2$ 、他方側の領域の液滴に対する接触角を第3接触角 $\theta_3$ 、上記第2領域の幅をライン幅 $L$ 、液滴の径を液滴径 $D$ としたとき、以下の(2)式を満たすように、上記の各接触角を設定すると共に、上記第1領域と、第2領域の2つの領域との3つの領域を跨ぐ位置を液滴の着弾位置に設定してもよい。

$$L \times \{1 + 2(\cos \theta_3 - \cos \theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

この場合、(2)式を満たすように、各領域における各接触角が設定されているので、第2領域のライン幅を変化させることなく、3つの領域を跨ぐように着弾した液滴を所定方向に移動させることができる。例えば、第2接触角 $\theta_2$ が第3接触角 $\theta_3$ よりも小さい場合には、第2領域において、着弾した液滴は第3接触角 $\theta_3$ の領域側よりも第2接触角 $\theta_2$ の領域側に多く移動する。ここで、第3接触角 $\theta_3$ が第1領域の第1接触角 $\theta_1$ と同じ大きさであれば、液滴は第3接触角 $\theta_3$ の領域で弾かれて、第2接触角 $\theta_2$ の領域側にのみ移動することになる。

このように、液滴の着弾位置におけるライン幅を(1)式を満たすように規定すれば、液滴が付着してはならない領域から離れた位置であっても、液滴の着弾位置にしても十分に配線を形成することが可能となる。

したがって、液滴が付着してはならない領域に液滴を付着させることがなくなるので、形成されるパターンの特性を低下させることがないので、パターン形成の歩留りを向上させることができるという効果を奏する。

- 5       本発明のパターン形成方法は、以上のように、上記パターン形成基材上に液滴を吐出する構成である。

それゆえ、パターン形成基材上に着弾された液滴の移動方向を制御することができるので、液滴が付着してはならない領域から離れた位置を液滴の着弾位置に設定することができる。

- 10       したがって、液滴が付着してはならない領域に付着することによる不具合、例えば配線パターンの歩留りの低下を防止することができるという効果を奏する。

- 15       尚、発明を実施するための最良の形態の項においてなした具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

#### 産業上の利用の可能性

- 20       本発明のパターン形成基材およびパターン形成方法は、回路基板の配線パターンをインクジェット技術で形成する分野であって、特に、回路基板の歩留り向上、インクジェットヘッドの延命化、製造コストの削減化等が必要な分野に好適に用いることができる。

## 請求の範囲

1. 液滴が対象面上に吐出されることで所定のパターンが形成されるパターン形成基材において、

- 5      上記液滴が対象面上に接触したときの接触角が第1接触角の第1領域と、この第1領域と隣接し、上記第1接触角よりも小さな第2接触角の第2領域とが上記対象面上に形成され、

上記第2領域は、液滴が着弾したときに、該液滴が所定の方向に移動するように表面処理されていることを特徴とするパターン形成基材。

- 10      2. 請求の範囲1に記載のパターン形成基材において、着弾した液滴の、上記第2領域における液滴の移動方向側端の幅を第1ライン幅 $L_1$ 、該第2領域における液滴の移動方向とは反対方向側端の幅を第2ライン幅 $L_2$ 、第1領域における液滴の第1接触角を $\theta_1$ 、第2領域における液滴の第2接触角を $\theta_2$ 、液滴径を $D$ としたとき、以下の(1)式を  
15      満たすように、上記第1ライン幅 $L_1$ と第2ライン幅 $L_2$ とが設定されていることを特徴とするパターン形成基材。

$$L_1 > D / \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\}$$

且つ、

$$L_2 < D / \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \quad \dots (1)$$

- 20      3. 請求の範囲1に記載のパターン形成基材において、上記第1領域の液滴に対する接触角を第1接触角 $\theta_1$ 、着弾した液滴の該第2領域における一方側の領域の液滴に対する接触角を第2接触角 $\theta_2$ 、他方側の領域の液滴に対する接触角を第3接触角 $\theta_3$ 、上記第2領域の幅をライン幅 $L$ 、液滴の径を液滴径 $D$ としたとき、以下の(2)式を満たすよう



に、上記の各接触角が設定されると共に、上記第1領域と、第2領域の2つの領域との3つの領域を跨ぐ位置が液滴の着弾位置に設定されていることを特徴とするパターン形成基材。

$$L \times \{1 + 2 (\cos \theta_3 - \cos \theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)\} \dots \dots \dots (2)$$

4. 請求の範囲1ないし3の何れか1項に記載のパターン形成基材上に液滴を吐出して、所定のパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

5. 請求の範囲4に記載のパターン形成方法において、対象面上に、離散的に付着させた液滴同士をつなげて連続したパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

6. 請求の範囲4に記載のパターン形成方法において、液滴の吐出にインクジェットヘッドを用いることを特徴とするパターン形成方法。

7. 請求の範囲4に記載のパターン形成方法において、上記第1領域および第2領域は、ほぼフラットに形成されていることを特徴とするパターン形成方法。

8. 請求の範囲4に記載のパターン形成方法において、液滴が導電性粒子を含んでいることを特徴とするパターン形成方法。



-

1/18

図1 (a)

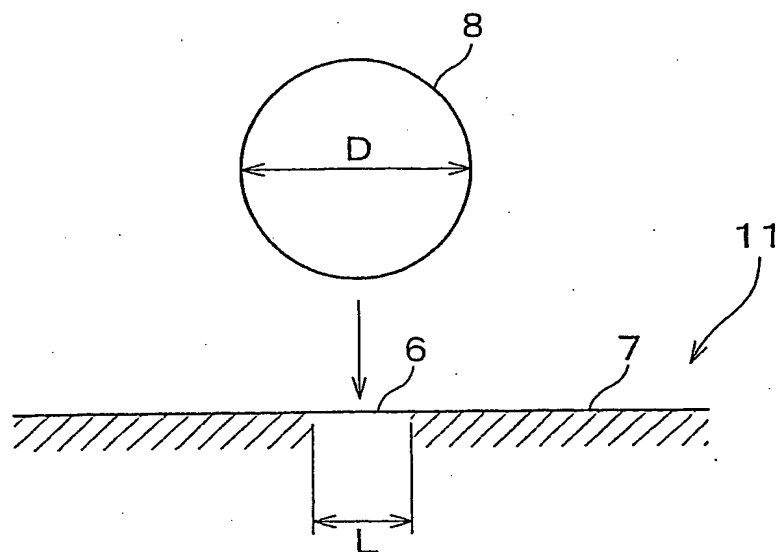
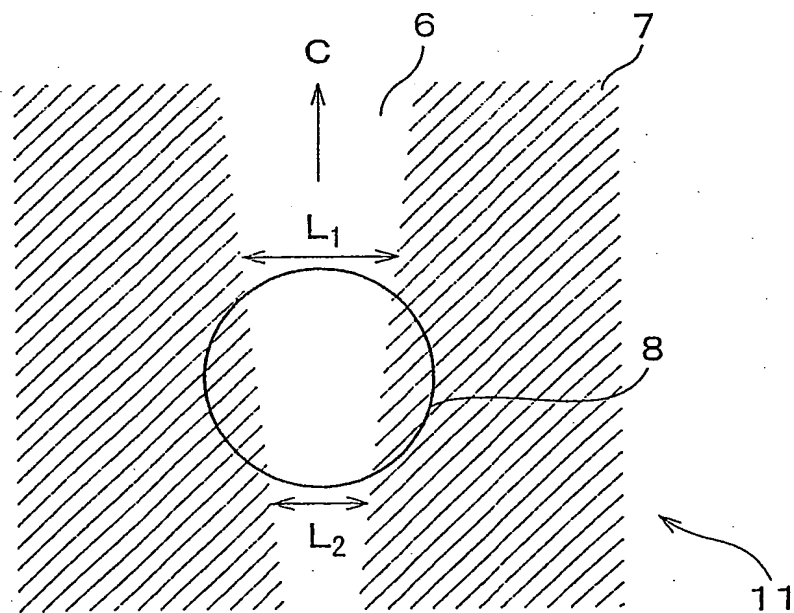


図1 (b)



2/18

図2 (a)

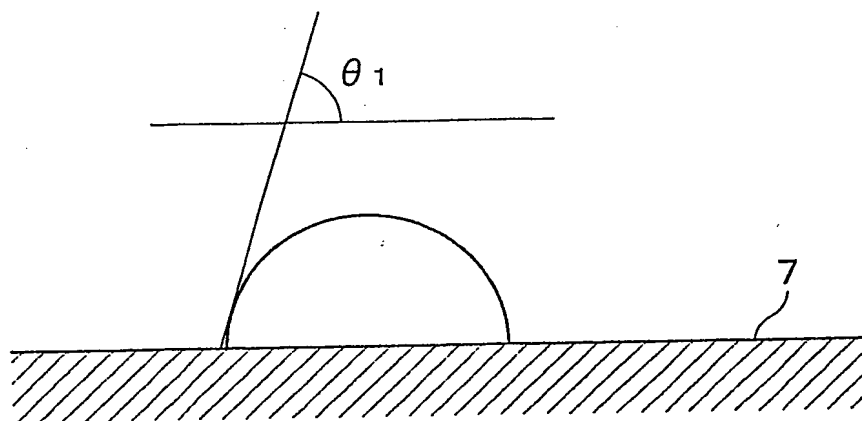
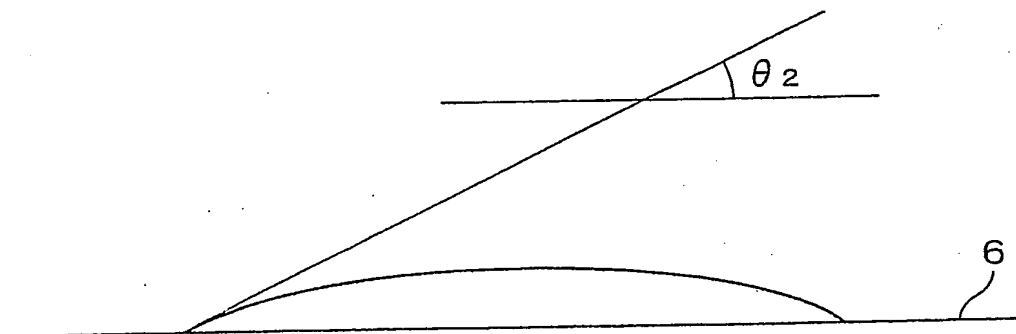
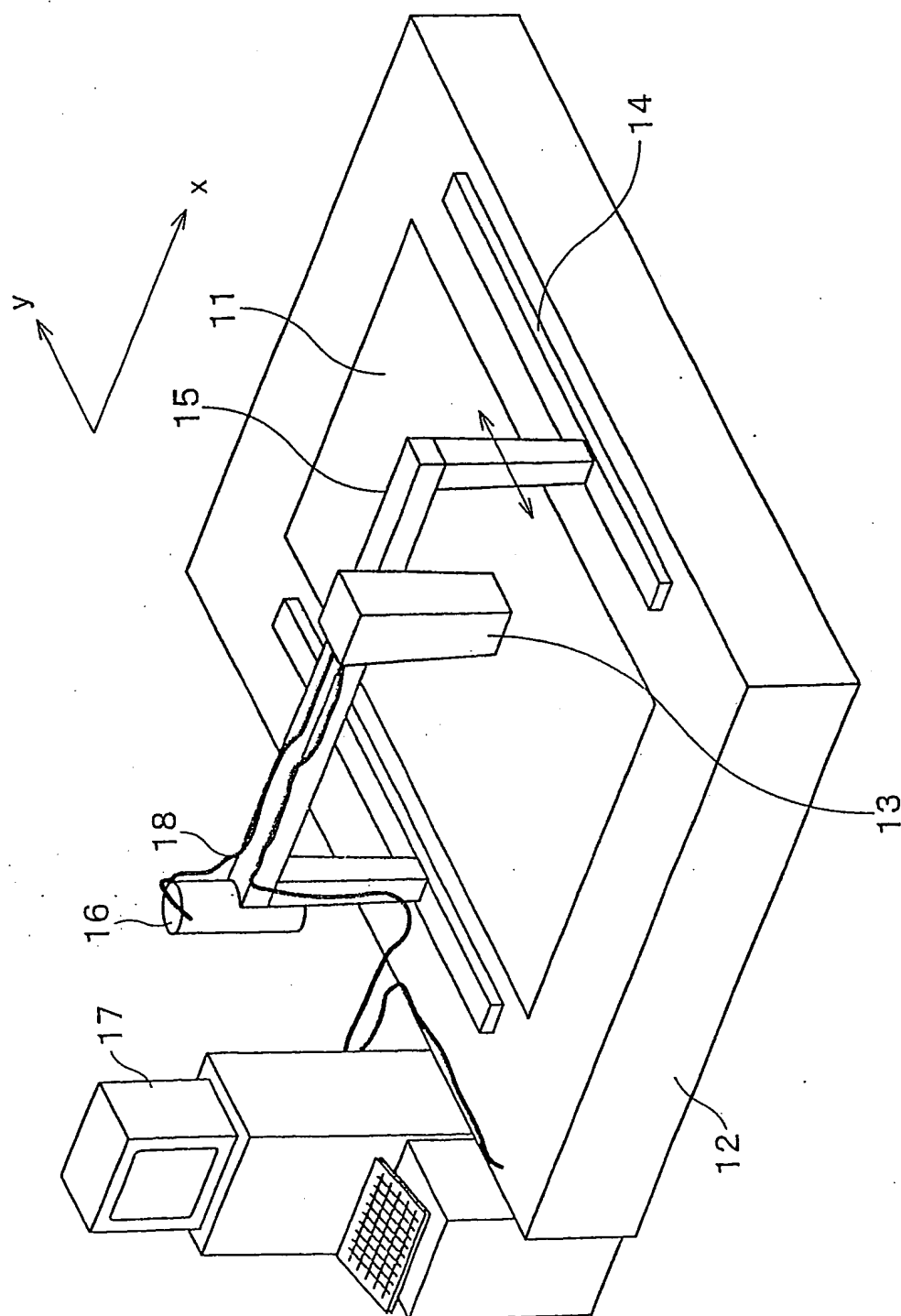


図2 (b)



3/18



4/18

図4 (a)

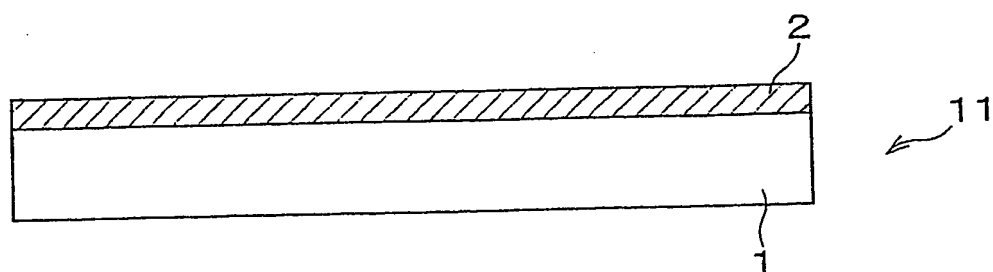


図4 (b)

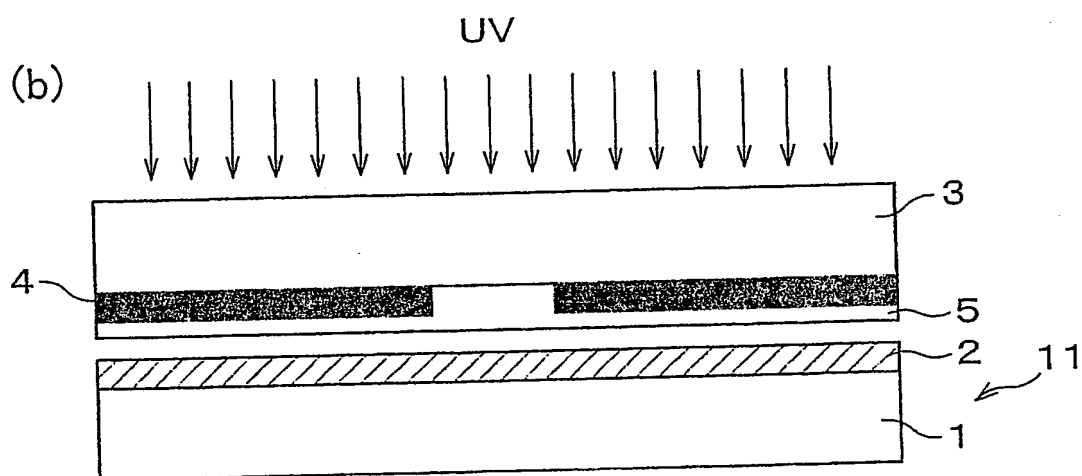


図4 (c)

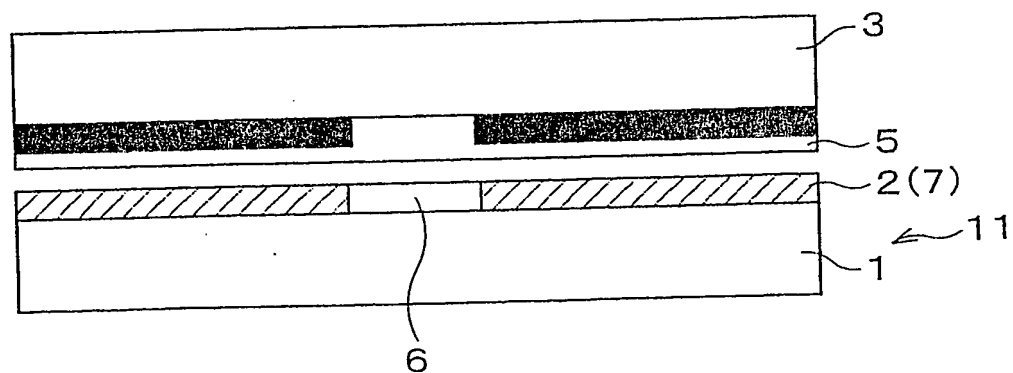
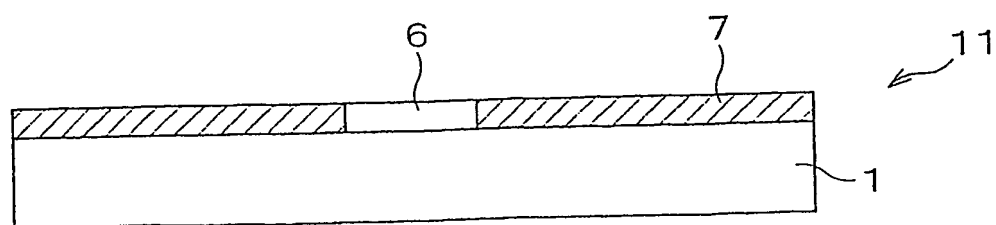


図4 (d)



5/18

図5 (a)

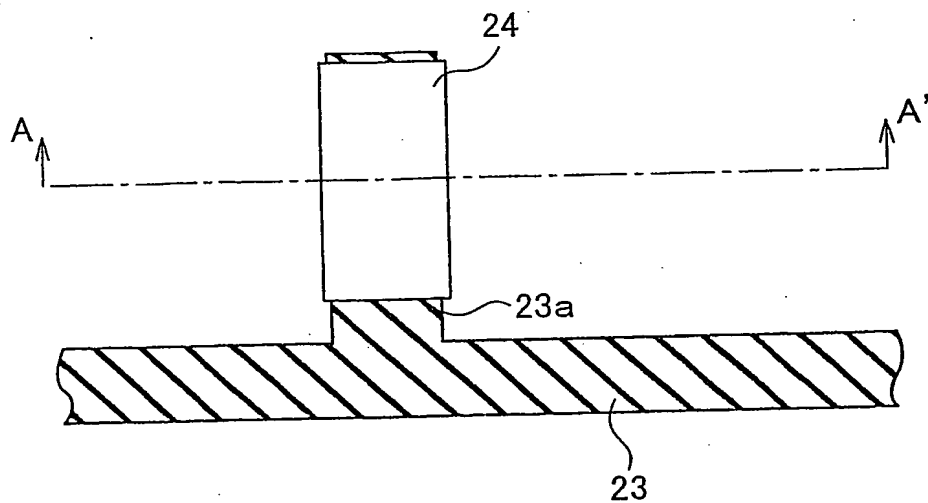
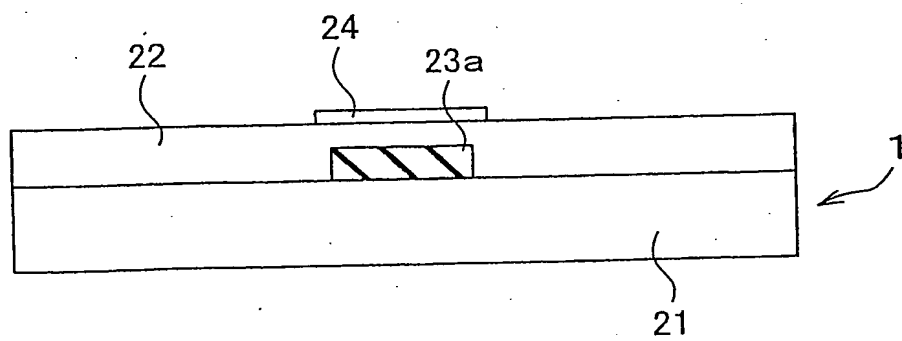


図5 (b)



6/18

図6 (a)

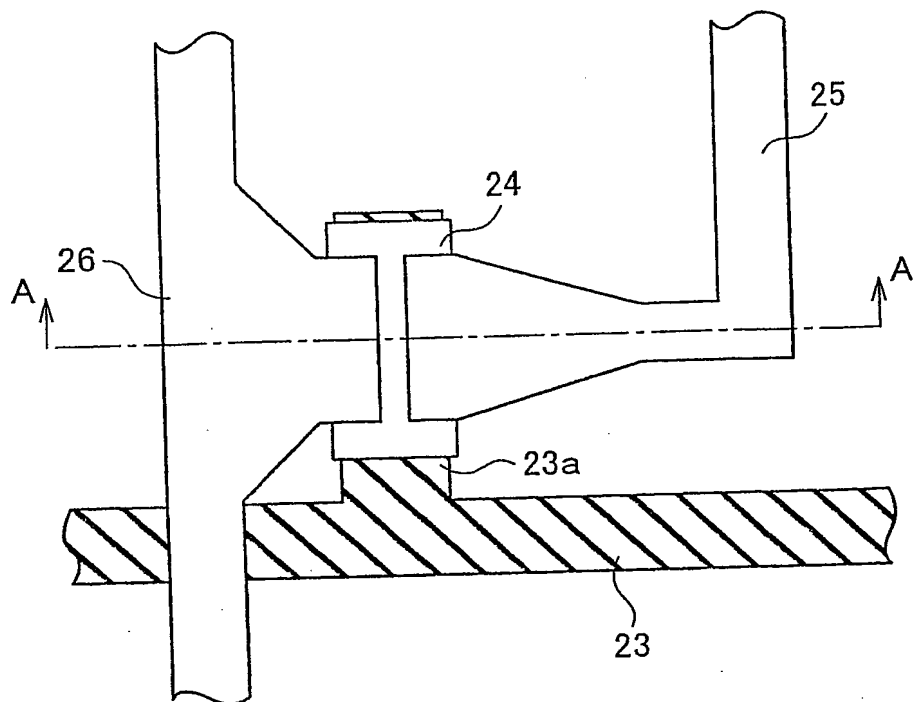
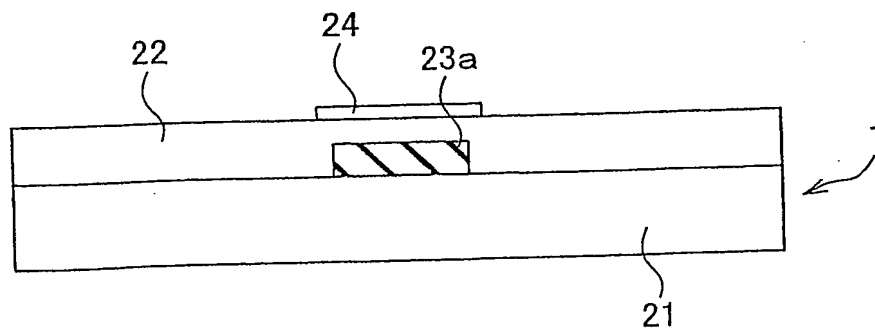


図6 (b)





7/18

図7 (a)

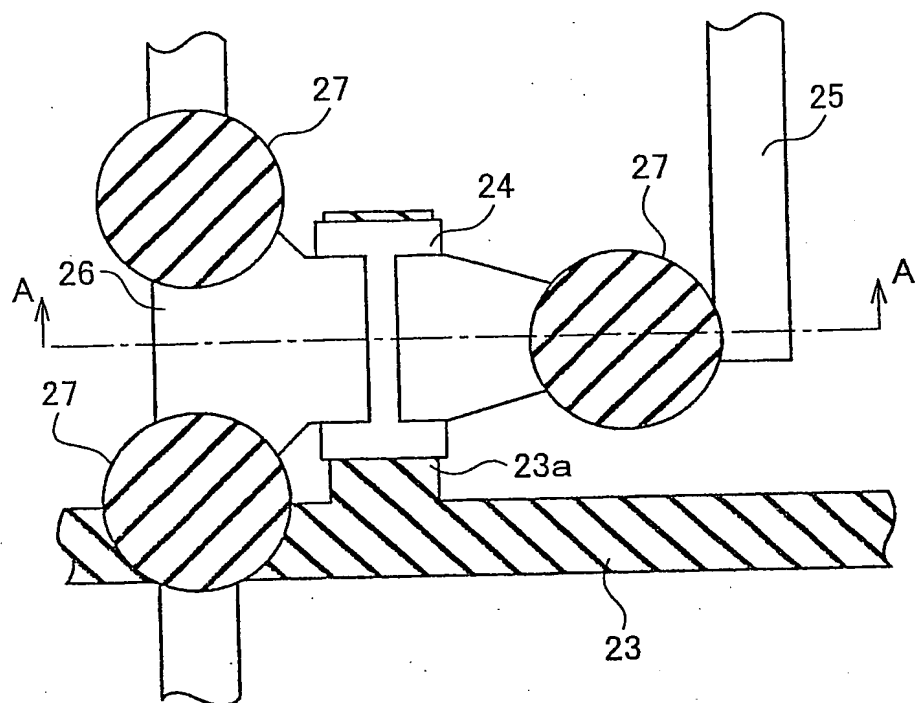
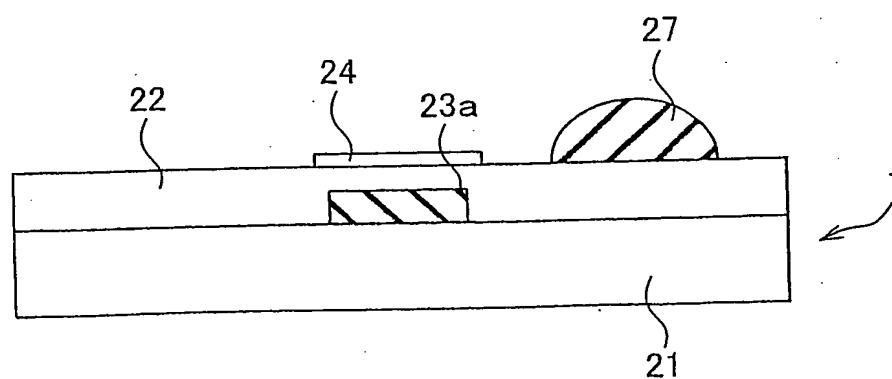


図7 (b)



8/18

図8 (a)

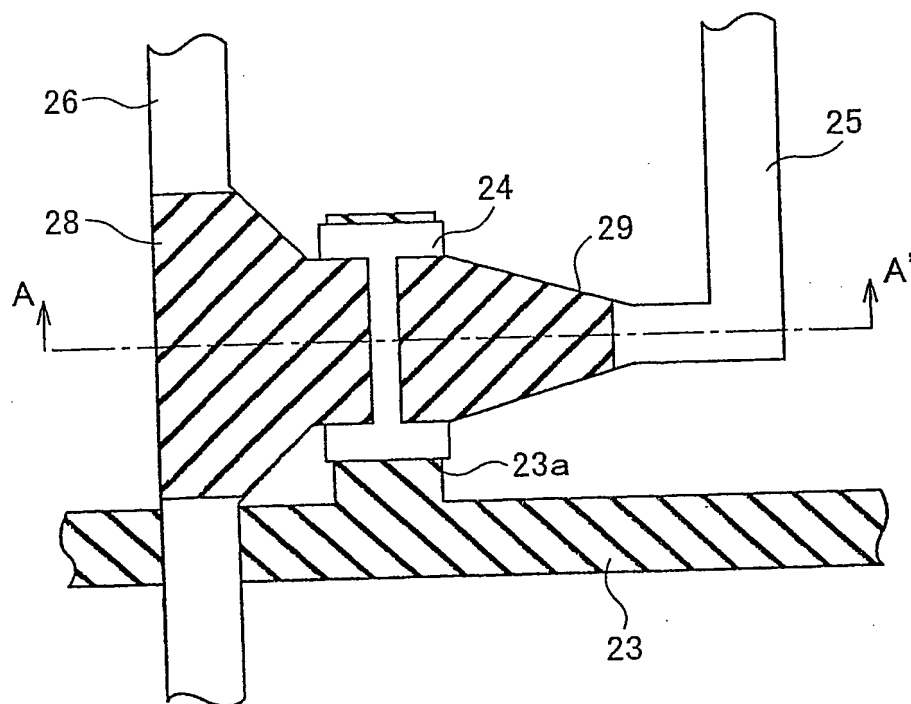


図8 (b)

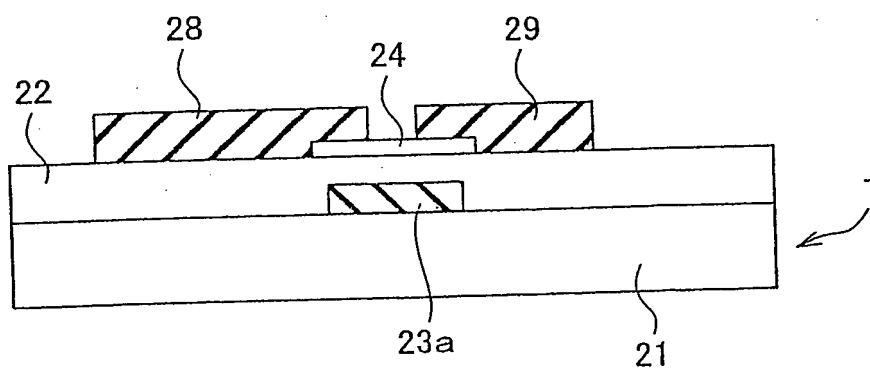


図9 (a)

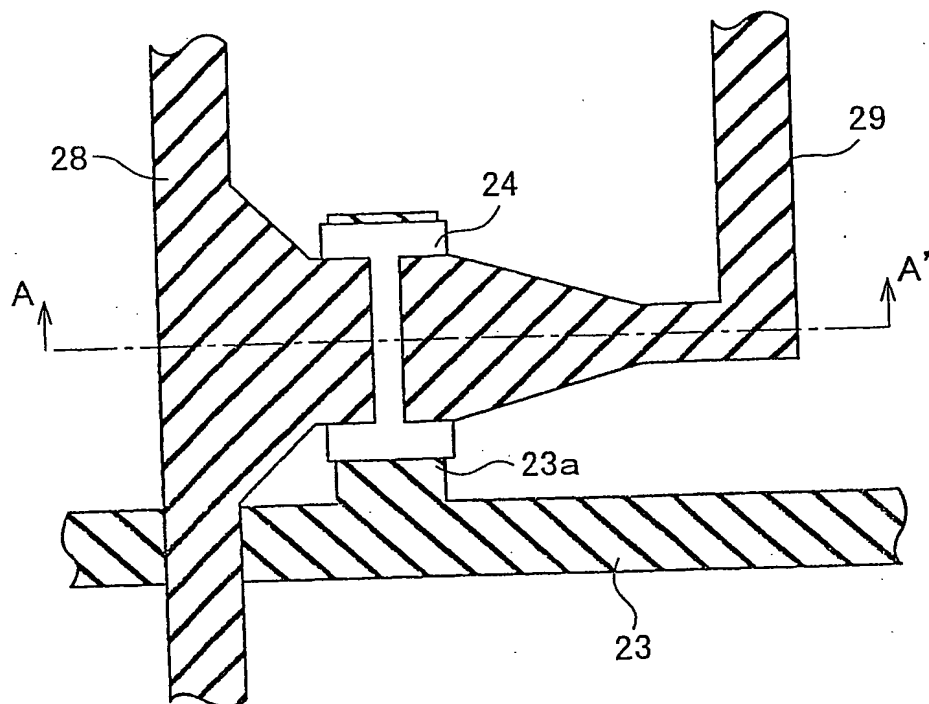
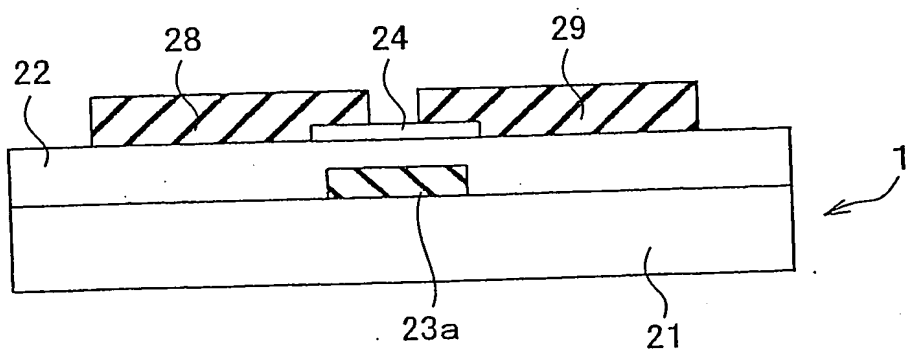


図9 (b)



10/18

図10(a)

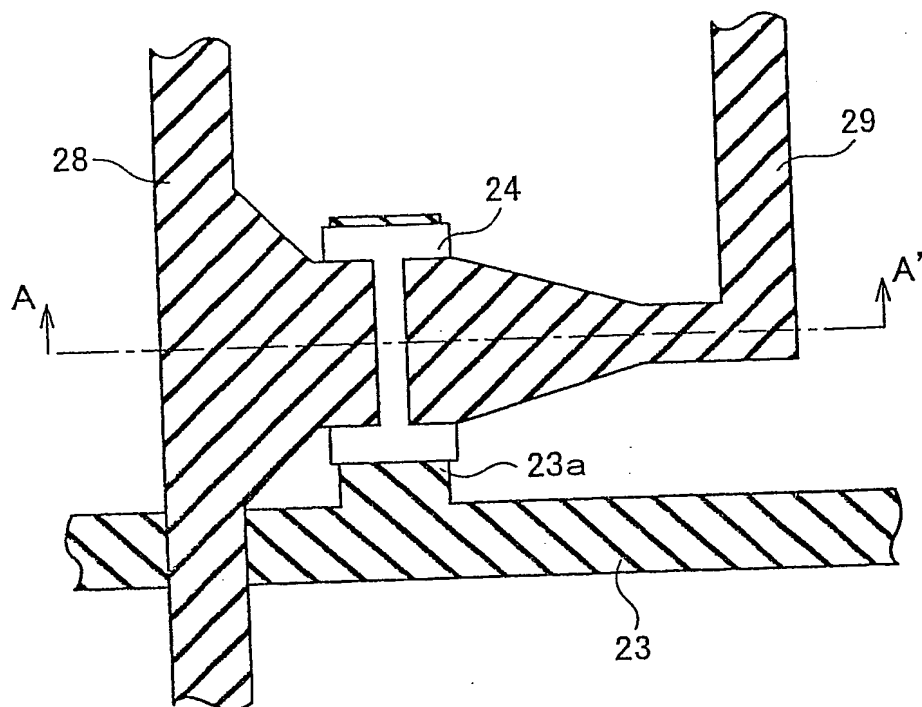
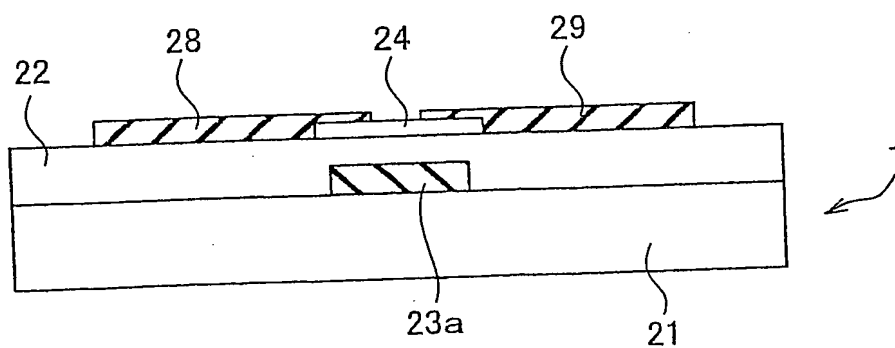


図10(b)



11/18

図 11 (a)

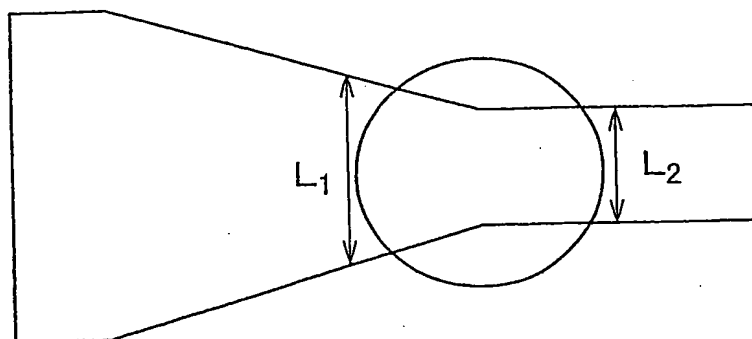


図 11 (b)

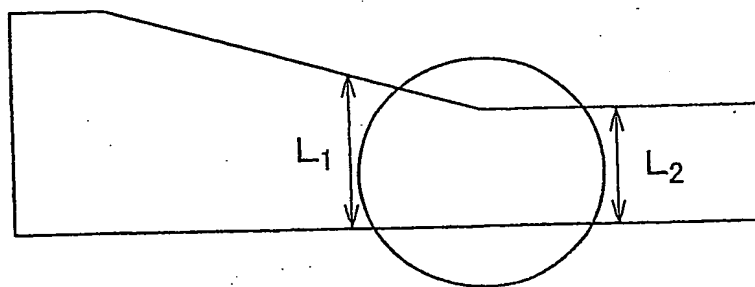


図 11 (c)

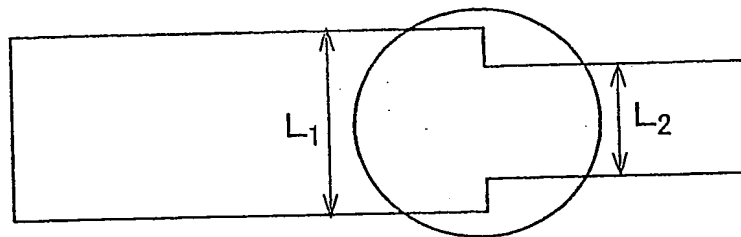
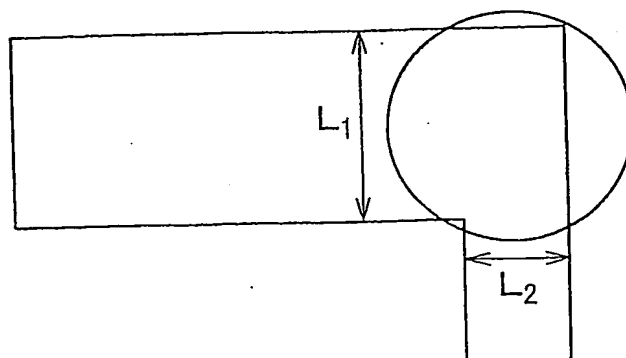


図 11 (d)



12/18

図12

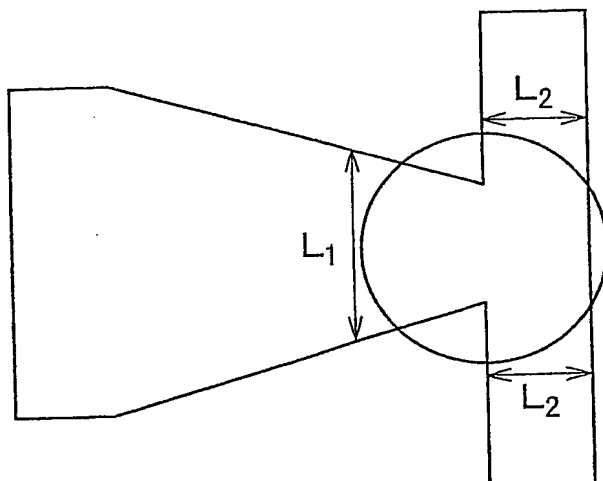
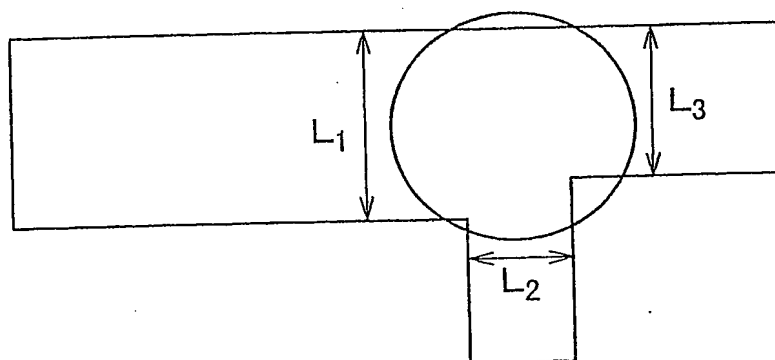
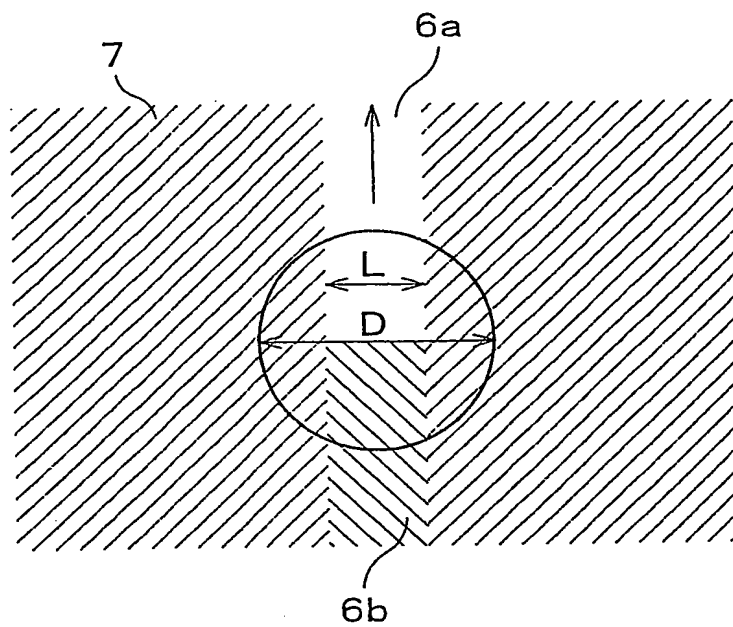


図13



13/18

図14



14/18

図15 (a)

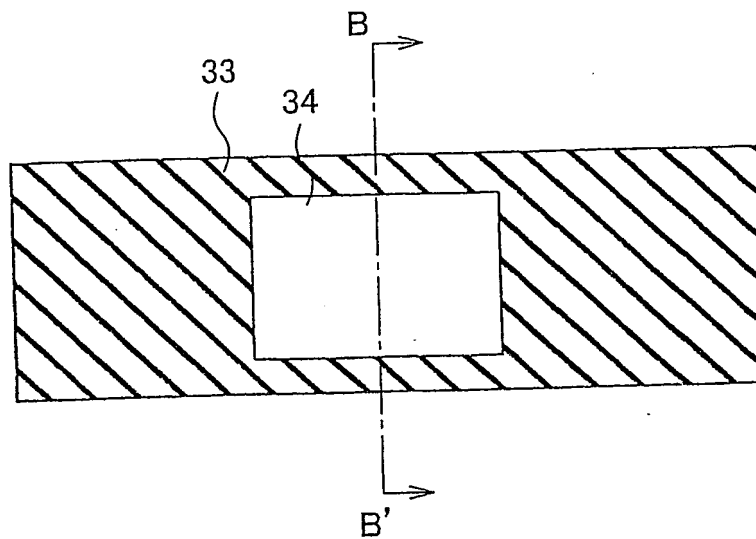
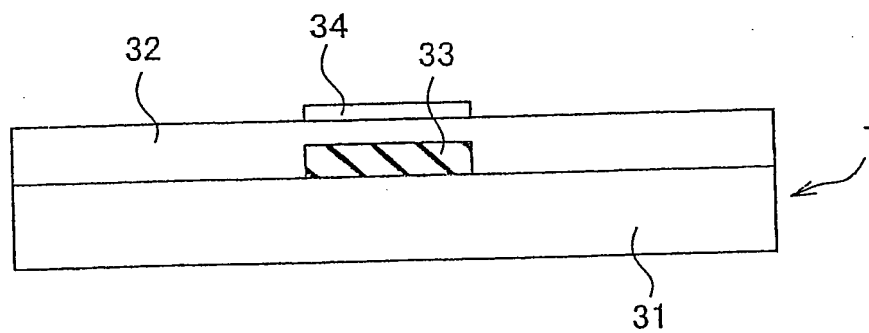


図15 (b)





15/18

図16(a)

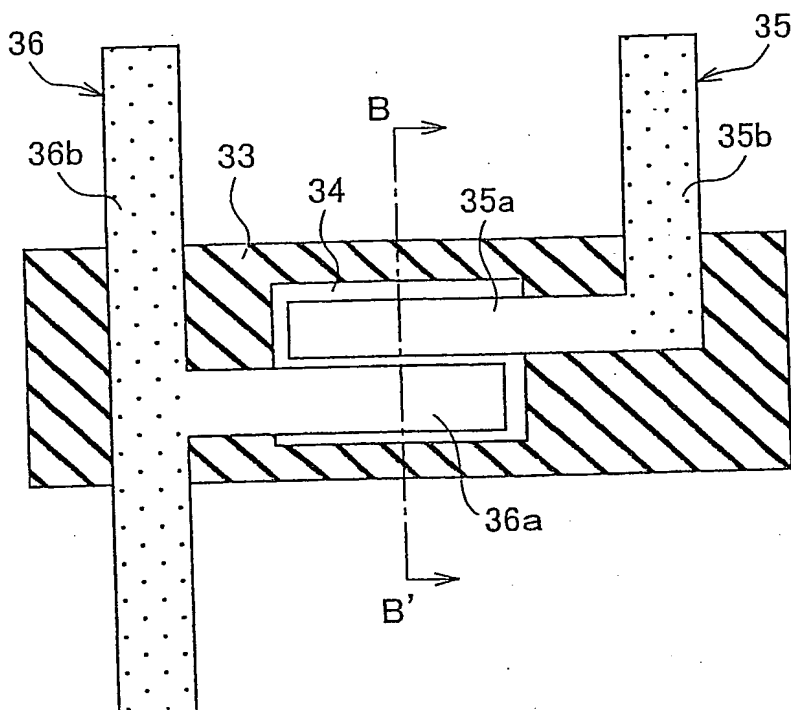
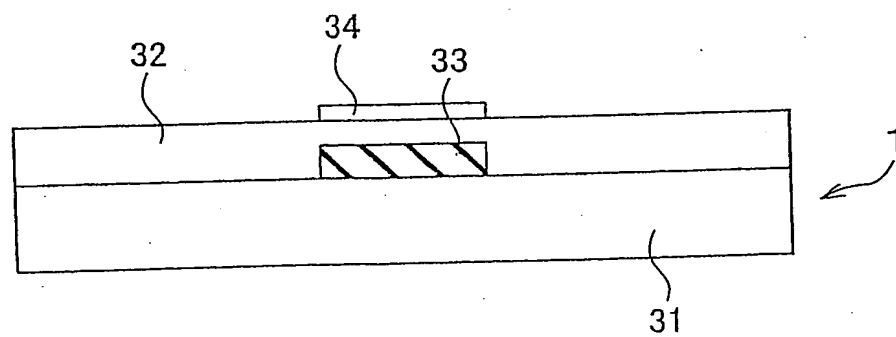


図16(b)



16/18

図 17 (a)

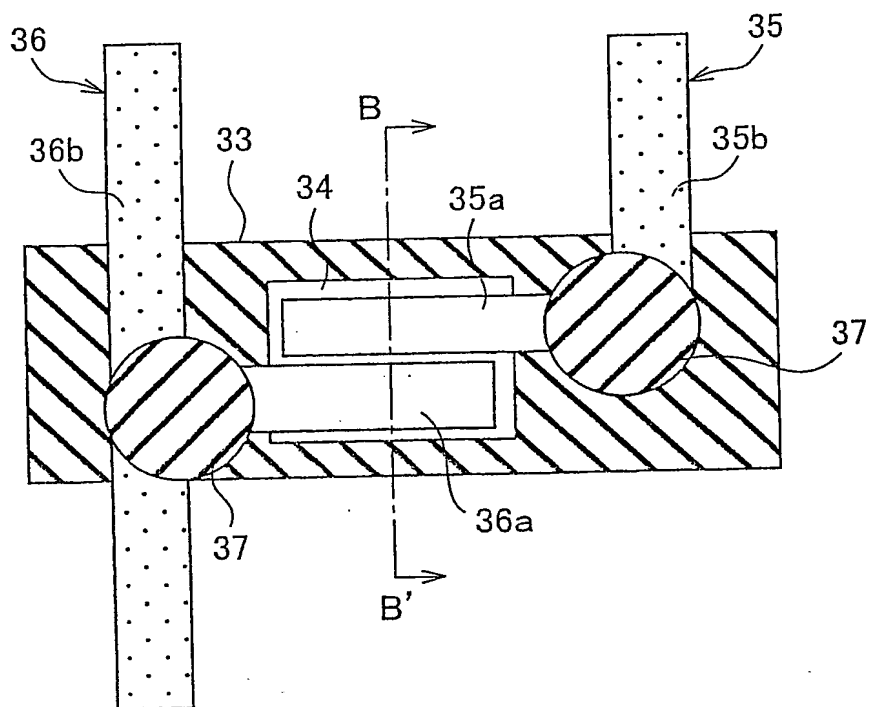
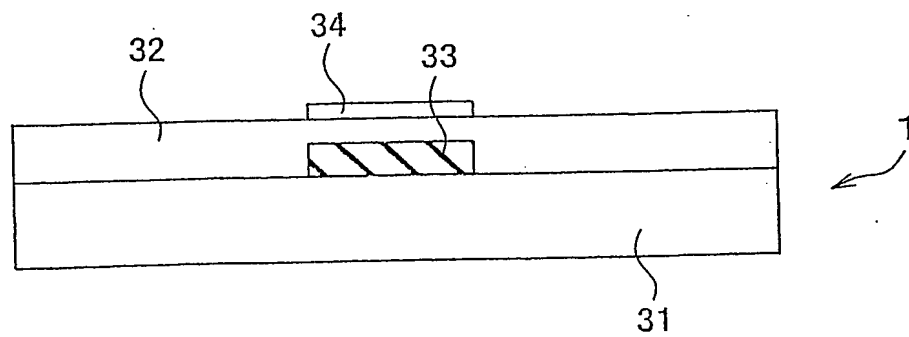


図 17 (b)



17/18

図18 (a)

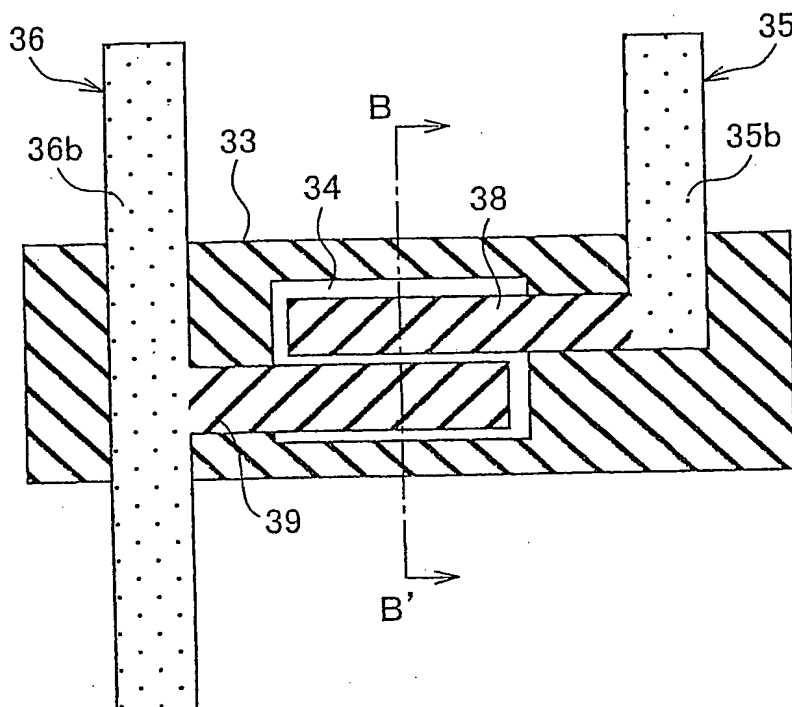
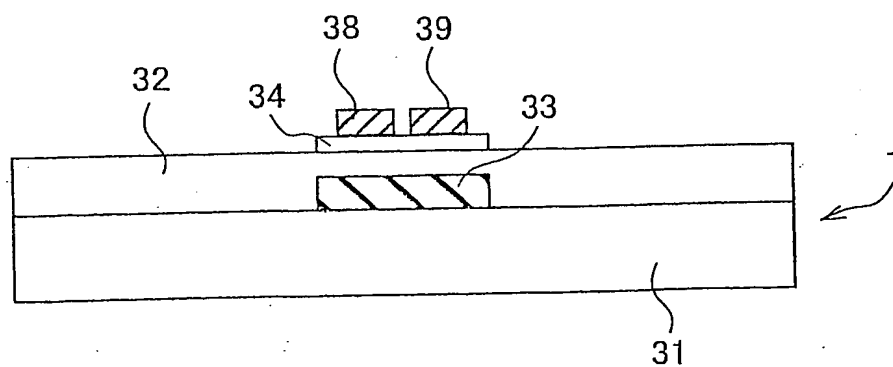


図18 (b)



18/18

図19(a)

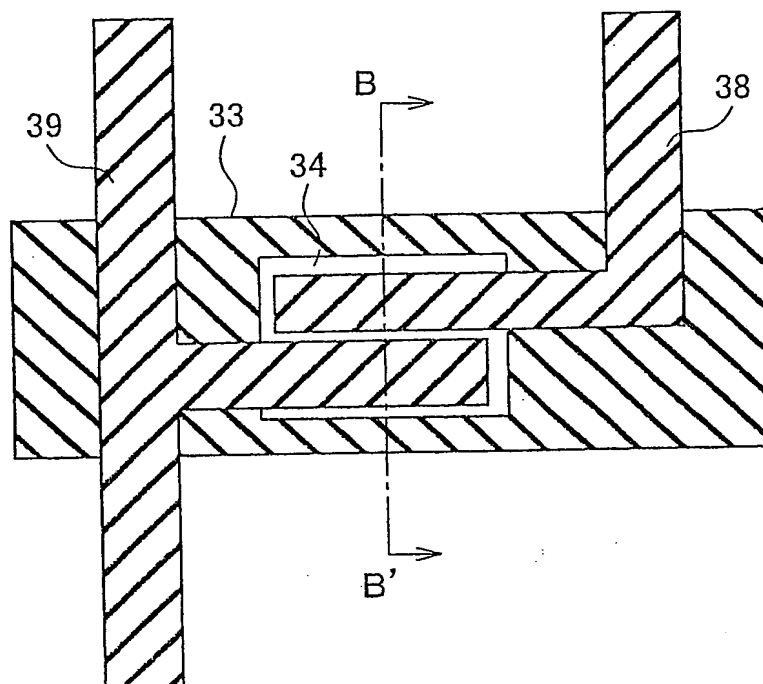
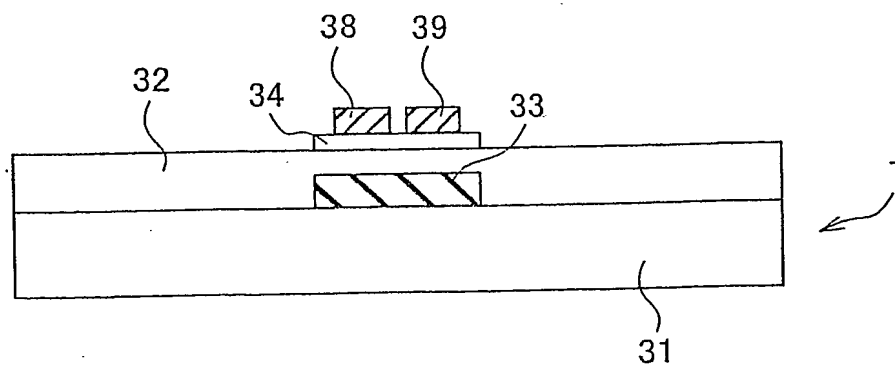


図19(b)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07170

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3205, H01L29/786, B41J2/01, H05K3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3205, H01L29/786, B41J2/01, H05K3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 930641 A2 (SEIKO EPSON CORP.), 21 July, 1999 (21.07.99), Full text; Figs. 1 to 20 & JP 11-204529 A Full text; Figs. 1 to 20 & KR 99067996 A & TW 383280 B	1-8
A	JP 11-274671 A (SEIKO EPSON CORP.), 08 October, 1999 (08.10.99), Full text; Figs. 1 to 30 (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
03 September, 2003 (03.09.03)Date of mailing of the international search report  
16 September, 2003 (16.09.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07170

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01/47045 A1 (PLASTIC LOGIC LTD.), 28 June, 2001 (28.06.01), Full text; Figs. 1 to 18 & JP 2003-518756 A Full text; Figs. 1 to 18 & AU 200120160 A & EP 1243033 A1 & KR 2002088065 A & US 2003/0059984 A1	1-8
A	WO 01/46987 A2 (PLASTIC LOGIC LTD.), 28 June, 2001 (28.06.01), Full text; Figs. 1 to 18 & JP 2003-518332 A Full text; Figs. 1 to 18 & AU 200120159 A & EP 1243032 A2 & KR 2002089313 A & US 2003/0059987 A1	1-8
A	JP 2002-164635 A (SEIKO EPSON CORP.), 07 June, 2002 (07.06.02), Full text; Figs. 1 to 10 & US 2002/0151161 A1	1-8
A	JP 63-200041 A (Toyoda Automatic Loom Works, Ltd.), 18 August, 1988 (18.08.88), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-8

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H01L21/3205, H01L29/786, B41J2/01, H05K3/10

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H01L21/3205, H01L29/786, B41J2/01, H05K3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	EP 930641 A2 (SEIKO EPSON CORP RATION) 1999. 07. 21, 全文, 第1-20図 & JP 11-204529 A, 全文, 第1-20図 & KR 99067996 A & TW 383280 B	1-8
A	JP 11-274671 A (セイコーエプソン株式会社) 1999. 10. 08, 全文, 第1-30図 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 09. 03

国際調査報告の発送日

16.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

齋藤 恭一

4L

8122

電話番号 03-3581-1101 内線 3498

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 01/47045 A1 (PLASTIC LOGIC LIMITED) 2001. 06. 28, 全文, 第1-18図 & JP 2003-518756 A, 全文, 第1-18図 & AU 200120160 A & EP 1243033 A1 & KR 2002088065 A & US 2003/0059984 A1	1-8
A	WO 01/46987 A2 (PLASTIC LOGIC LIMITED) 2001. 06. 28, 全文, 第1-18図 & JP 2003-518332 A, 全文, 第1-18図 & AU 200120159 A & EP 1243032 A2 & KR 2002089313 A & US 2003/0059987 A1	1-8
A	JP 2002-164635 A (セイコーエプソン株式会社) 2002. 06. 07, 全文, 第1-10図 & US 2002/0151161 A1	1-8
A	JP 63-200041 A (株式会社豊田自動織機製作所) 1988. 08. 18, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	1-8



- 1 -

---

PATTERN FORMATION SUBSTRATE AND METHOD FOR  
PATTERN FORMATION

TECHNICAL FIELD

This invention is related to a pattern formation substrate and a pattern formation method in which a predetermined pattern is formed by ejecting droplets to a surface of an object.

BACKGROUND ART

Inkjet technology has been utilized, in recent years, for forming a wiring pattern of a circuit board. The inkjet technology allows the wiring pattern to be directly formed on a substrate. Therefore, unlike a conventional printing technology involving a lithography process, the inkjet

technology eliminates costly processes such as a vacuum film formation → a photolithography → a resist peeling. This enables a production of a circuit board at a low cost.

Incidentally, as to forming the wiring pattern by using the inkjet technology, fluid ink (droplets) containing a wiring material is so ejected as to land on a predetermined position on the substrate, thereby forming the wiring pattern. When the droplets land on the substrate, the droplets may be excessively dispersed or split, due to the characteristics of a surface of the substrate. This causes difficulties in a formation of a desirable wiring pattern.

Japanese Unexamined Patent Publication No. 11-204529/1999 (*Tokukaihei* 11-204529; published on July 30, 1999) discloses a method for forming a desirable wiring patterns, by preventing, to the greatest possible extent, the droplets landed from being excessively dispersed or being split.

According to the technology disclosed in the foregoing *Tokukaihei*, the surface of a substrate is modified in advance so that a region subjected to the formation of the wiring pattern has affinity with the droplet and other regions have droplet-repellency. The wiring pattern is formed by the ejected droplets landed on the region having the affinity with the droplet (pattern-formation

region) on the substrate. In this case, the regions other than the pattern-formation region have the droplet-repellency. This prevents the droplets landed on the pattern-formation region from dispersing beyond the region subjected to the pattern formation.

Moreover, in the technology disclosed in the foregoing *Tokukaihei*, the droplets are landed partially overlapping another droplet so that the landed droplets are not split. This prevents the droplets landed on the substrate from being split.

Incidentally, in the inkjet method, the droplets may be scattered on the substrate. This may cause the droplets to adhere to regions other than positions where the droplets are supposed to land. In the case where the method disclosed in the foregoing *Tokukaihei* is adopted, the droplets need to be dropped on the entire region of the pattern to be formed. Accordingly, it is necessary to drop the droplets also in the vicinity of regions where no droplets are allowed to be scattered (hereinafter referred to as droplet-free region). This may cause the droplets to adhere to the droplet-free region. For example, in a case of forming source and drain electrodes of a TFT (Thin Film Transistor), adhesion of the droplets on a channel section will cause a problem that a desirable performance of the TFT is not obtained. In short, the yield of the TFT is

deteriorated.

Accordingly, the method disclosed in the foregoing *Tokukaihei* may fail to form the wiring pattern having desirable characteristics, and may cause the deterioration in the yield of the wiring pattern.

In view of the foregoing problems, the present invention was made, and an object of the present invention is to provide a pattern formation substrate and a pattern formation method, for forming the wiring pattern with the desirable characteristics, by preventing the droplets from adhering to the droplet-free regions.

#### DISCLOSURE OF INVENTION

A pattern formation substrate of the present invention, on which a predetermined pattern is formed by ejecting a droplet to a targeted surface, includes: (A) a first region where a contact angle at which the droplet contacts the targeted surface is a first contact angle, said first region being formed on the targeted surface; and (B) one or more second regions where the contact angle of the droplet is a second contact angle smaller than the first contact angle, said second region being formed on the targeted surface so as to be positioned adjacent to the first region, in which a surface of the second region is treated so that the droplet moves in a predetermined

direction when the droplet is landed.

Since the landed droplet on the second region moves towards a predetermined direction, it is possible to target the landing position of the droplet farther than a conventional landing position. Here, the conventional landing position means a position in which the landed droplet can move in all of the directions in the second region.

This is advantageous in a case where there is a region on which the droplet should not be adhered (droplet-free region), in the vicinity of the conventional landing position. This is because the landing position of the droplet can be targeted far from the droplet-free region. Thus, the droplet is kept from adhering to the droplet-free region.

Accordingly, this solves any problems caused by the adhesion of the droplet to the droplet-free region, such as a case where desirable properties of the wiring pattern (TFT) is not obtained. In short, this improves the yield of wiring pattern with desirable properties.

Further, the pattern formation substrate of the present invention may be so adapted that a first line width  $L_1$  and a second line width  $L_2$  are so adjusted as to satisfy an equation (1) below,

$$L_1 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$$

and

$$L_2 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots\dots\dots (1),$$

where:

the first line width  $L_1$  is a width on a side, in the second region, toward which the droplet moves upon landing,

the second line width  $L_2$  is a width on a side, in the second region, opposite to the side toward which the droplet moves,

$\theta_1$  is the first contact angle of the droplet in the first region,

$\theta_2$  is the second contact angle of the droplet in the second region, and

$D$  is a diameter of the droplet.

By setting the first line width and the second line width so as to satisfy the equation (1), the landed droplet moves in the predetermined direction; i.e. from the side of the second line width to the side of the first line width, in the second region.

As described, by regulating the line widths of the droplet landing position so that the equation (1) is satisfied, it is possible to successfully form the wiring, despite the droplet landing position being adjusted apart from the droplet-free region.

Thus, since the droplets do not adhere to the

droplet-free region, deterioration in the properties of the wiring pattern being formed is prevented. This improves the yield of the wiring pattern.

Further, the pattern formation substrate of the present invention may be so adapted that (A) each of the contact angles is so adjusted as to satisfy an equation (2) below,

$$L \times \{1 + 2 (\cos\theta_3 - \cos\theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots\dots\dots (2),$$

where:

$\theta_1$  is the first contact angle of the first region with respect to the droplet,

$\theta_2$  is the second contact angle of the second region with respect to one side of the droplet landed,

$\theta_3$  is a third contact angle of the second region with respect to another side of the droplet,

a line width  $L$  is a width of the second region, and

$D$  is a diameter of the droplet; and

(B) a position of the droplet being landed is targeted so as to overlap the first region and two of the second regions.

In this case, since the contact angles in the respective regions are so adjusted as to satisfy the equation (2), it is possible to cause the droplet landed, overlapping the three regions, to move in a predetermined direction,

without changing the line widths of the second regions. For example, in a case where the second contact angle  $\theta_2$  is smaller than the third contact angle  $\theta_3$ , in the second regions, the landed droplet is more likely to move toward one of the second regions where the contact angle is the second contact angle  $\theta_2$  than the other second region where the contact angle is the third contact angle  $\theta_3$ . Here, in a case where the third contact angle  $\theta_3$  equals to the first contact angle  $\theta_1$  in the first region, the droplet is repelled by one of the second regions where the contact angle is the third contact angle  $\theta_3$ . This causes the droplet to move only toward one of the second region where the contact angle is the second contact angle  $\theta_2$ .

By regulating the line widths of the droplet landing position so that the equation (2) is satisfied, it is possible to successfully form the wiring, despite the droplet landing position being targeted far from the droplet-free region.

Thus, since the droplets do not adhere to the droplet-free region, deterioration in the properties of the wiring pattern being formed is prevented. This improves the yield of the wiring pattern.

A method of the present invention for forming pattern includes the step of forming a predetermined pattern by ejecting a droplet to the pattern formation substrate.



Since it is possible to control the direction toward which the droplet landed on the pattern formation substrate moves, the droplet landing position can be targeted at the position far from the droplet-free region.

Accordingly, this solves any problems caused by the adhesion of the droplet to the droplet-free region, such as deterioration in the yield of the wiring pattern.

Further, the method of the present invention for forming a pattern may be so adapted that a continuous pattern is formed by connecting a plurality of droplets adhering to a targeted surface in a scattering-manner.

In this case, a number of droplets ejected is minimized, thereby enabling a reduction of the tact time and more durable droplet ejection structure.

Further, the method of the present invention for forming a pattern may be so adapted that an inkjet head is used for ejecting the droplet.

In this case, it is possible to use a general-purpose inkjet head, for use in a printer or the like, as a droplet ejection mechanism. This allows an apparatus for forming a pattern to be produced at a low cost.

Further, the method of the present invention for forming a pattern may be so adapted that the first and the second regions are formed substantially flat shape.

Here, "substantially flat" means that a difference in

levels of the first and the second regions is extremely small when compared to the thickness of the pattern to be formed. Accordingly, it is no longer necessary to form banks for clarifying a difference in the affinity with water between the first and the second regions. As a result, it is possible to reduce a number of processes for forming the pattern.

Further, the method of the present invention for forming a pattern may be so adapted that the droplet contains an electrically conductive particle.

In this case, since a wiring pattern is a pattern formed by the ejected droplet, it is possible to form the wiring pattern with a constant line width and line thickness.

Additional objects, features, and strengths of the present invention will be made clear by the description below. Further, the advantages of the present invention will be evident from the following explanation in reference to the drawings.

#### BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

Fig. 1(a) is a side view illustrating a droplet just before landing on a pattern formation substrate.

Fig. 1(b) is a plane view illustrating the droplet immediately after landing on a pattern formation substrate.

Fig. 2(a) is a diagram illustrating repellency to a droplet.

Fig. 2(b) is a diagram illustrating affinity with a droplet.

Fig. 3 is a schematic perspective view illustrating a pattern formation apparatus to which a pattern formation method of the present invention is adopted.

Figs. 4(a) through 4(d) are diagrams showing the steps of forming a hydrophilic region and a hydrophobic region on a substrate.

Figs. 5(a) and 5(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 1. Fig. 5(a) is a plane view and Fig. 5(b) is a cross sectional view taken along the line A-A' in Fig. 5(a).

Figs. 6(a) and 6(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 1. Fig. 6(a) is the plane view and Fig. 6(b) is a cross sectional view taken along the line A-A' in Fig. 6(a).

Figs. 7(a) and 7(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 1. Fig. 7(a) is the plane view and Fig. 7(b) is a cross sectional view taken along the line A-A' in Fig. 7(a).

Figs. 8(a) and 8(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 1. Fig. 8(a) is the plane view and Fig. 8(b) is a cross sectional

view taken along the line A-A' in Fig. 8(a).

Figs. 9(a) and 9(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 1. Fig. 9(a) is the plane view and Fig. 9(b) is a cross sectional view taken along the line A-A' in Fig. 9(a).

Figs. 10(a) and 10(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 1. Fig. 10(a) is the plane view and Fig. 10(b) is a cross sectional view taken along the line A-A' in Fig. 10(a).

Figs. 11(a) through 11(d) are diagrams showing an exemplary shape of a second region formed on the pattern formation substrate.

Fig. 12 is a diagram showing another exemplary shape of the second region formed on the pattern formation substrate.

Fig. 13 is a diagram showing yet another exemplary shape of the second region formed on the pattern formation substrate.

Fig. 14 is a plane view showing another pattern formation substrate in accordance with the present invention

Figs. 15(a) and 15(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 14. Fig. 15(a) is the plane view and Fig. 15(b) is a cross sectional view taken along the line B-B' in Fig. 15(a).

Figs. 16(a) and 16(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 14. Fig. 16(a) is the plane view and Fig. 16(b) is a cross sectional view taken along the line B-B' in Fig. 16(a).

Figs. 17(a) and 17(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 14. Fig. 17(a) is the plane view and Fig. 17(b) is a cross sectional view taken along the line B-B' in Fig. 17(a).

Figs. 18(a) and 18(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 14. Fig. 18(a) is the plane view and Fig. 18(b) is a cross sectional view taken along the line B-B' in Fig. 18(a).

Figs. 19(a) and 19(b) show a step of TFT production using the pattern formation substrate shown in Fig. 14. Fig. 19(a) is the plane view and Fig. 19(b) is a cross sectional view taken along the line B-B' in Fig. 19(a).

## BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

### [Embodiment 1]

The following describes an embodiment 1 of the present invention. It should be noted that the present embodiment describes a pattern formation method, for forming source and drain wiring of a TFT (Thin Film Transistor), in a production process of a liquid crystal panel.

First described is a pattern formation apparatus for implementing the pattern formation method of the present invention.

As shown in Fig. 3, the pattern formation apparatus of the present embodiment includes a stage 12 for placing thereon a substrate (pattern formation substrate) 11 having a surface subjected to a pattern formation. The stage 12 includes (I) an inkjet head 13 (droplet ejection means) for ejecting fluid ink (droplets) containing a wiring material to the substrate 11, (II) a y-direction driving section 14 for sliding the inkjet head 13 in a y-direction, and (III) an x-direction drive section 15 for sliding the inkjet head 13 in an x-directional.

Moreover, the pattern formation apparatus is provided with (a) a droplet supplying system 16 and a liquid supplying conduit 18, for supplying the droplets to the inkjet head 13, and (b) an apparatus controlling unit 17 for controlling various kinds of operations such as: ejection of the droplets from the inkjet head 13; and driving operations of the y-direction drive section 14 and the x-direction drive section 15.

The liquid supplying conduit 18 is provided between the inkjet head 13 and the droplet supplying system 16. The droplet supplying system 16 controls the droplet supply to the inkjet head 13.

A signal cable (not shown) is provided between (a) the apparatus control unit 17 and (b) the inkjet head 13, the y-direction drive section 14, and the x-direction drive section 15. The apparatus control unit 17 controls ejection of the droplets from the inkjet head 13, and controls driving operations of the y-direction drive section 14 and the x-direction drive section 15.

Thus, the apparatus control unit 17 gives (i) wiring pattern information (Positional information for application) of the substrate 11 to the y-direction drive section 14 and the x-direction drive section 15 and (ii) ejection information to a driver (not shown) of the inkjet head 13 in a synchronous manner. This enables the droplets to be dropped on any positions of the entire substrate 11.

The inkjet head 13 may be a piezo-electric type inkjet head adopting a piezo-electric element whose shape changes with an application of voltage. In the piezo-electric type inkjet head, the droplets are ejected from a nozzle by instantaneously raising a liquid pressure in an ink chamber with the application of voltage to the piezo-electric element. The inkjet head 13 may also be a thermal type inkjet head having a heater. The thermal type inkjet head ejects the droplets by creating bubbles within liquid by using the heater. In both cases, a

diameter of an ejected droplet can be controlled by voltage applied to the piezo electric element or the heater.

In the present embodiment, the pattern formation apparatus adopts a piezo-electric actuation type inkjet head having plurality of nozzles with 55  $\mu\text{m}$  in respective diameters, and an actuating voltage waveform is varied so that the diameter of the ejected droplet is varied within a range of 50 to 75  $\mu\text{m}$ .

As shown in Figs. 1(a) and 1(b), a hydrophilic line (a second region) 6 exhibiting affinity with water and hydrophobic regions (first regions) 7 exhibiting repellency to water are formed on the surface of the substrate 11, which is subjected to the pattern formation. A method for forming the hydrophilic line 6 and hydrophobic region 7 is described later. Fig. 1(a) is a side view showing a condition under which a droplet 8 has not landed on the substrate 11, and Fig. 1(b) is a plane view showing a condition under which the droplet 8 has just landed on the substrate 11. As described later, the hydrophilic line 6 and hydrophobic region 7 are obtained through a chemical treatment, therefore the hydrophilic line 6 and the hydrophobic region 7 on the substrate 11 are substantially flat. Therefore, a number of processes is reduced compared with a conventional method in which banks are formed before the formation of the wiring



pattern.

Here, Fig. 2(a) shows a contact angle (a first contact angle)  $\theta_1$  of the droplet with respect to the hydrophobic region 7, and Fig. 2(b) shows a contact angle (a second contact angle)  $\theta_2$  of the droplet with respect to the hydrophilic line 6. As shown in these figures, the contact angle of the droplet with respect to the hydrophobic region 7 is larger than the contact angle with respect to the hydrophilic line 6, and the wettability of the hydrophobic region 7 is low. In short, the hydrophobic region 7 is a region which is less affinitive with water. On the contrary, the contact angle of the droplet with respect to the hydrophilic line 6 is smaller than the contact angle with respect to the hydrophobic region 7, and the wettability of the hydrophilic line 6 is high. In short, the hydrophilic line 6 is more affinitive with water.

To clearly describe the characteristics of the hydrophobic region 7 and the hydrophilic line 6, it is preferred that the hydrophobic region 7 be so adjusted that the hydrophobic region exhibits water repellency to reject the droplets, and that the hydrophilic line 6 be so adjusted that the hydrophilic line exhibits affinity with the droplets.

Accordingly, by providing, on the substrate 11, a region exhibiting affinity with water (hydrophilic line 6)

and a region exhibiting repellency to the water (hydrophobic region 7), a droplet landed on the hydrophobic region 7 is repelled and attracted to the hydrophilic line 6 adjacent to the hydrophobic region 7. The droplet will be then dispersed along the hydrophilic line 6.

In the present invention, a shape of the hydrophilic line 6 is so designed as to control the dispersing direction of the droplet on the hydrophilic line 6, on the premise that the hydrophilic line 6 and the hydrophobic region 7 are provided on the substrate 11.

That is to say, as shown in Fig. 1(b), in the present embodiment, the hydrophilic line 6 is so adjusted that a line width  $L_1$  (a first line width) on a side of the landed droplet 8 (direction of the arrow C in the figure) is wider than a line width  $L_2$  (a second line width) on another side of the droplet (counter direction to the arrow C). Here, it is possible to control a direction to which the droplet moves, by adjusting the both of the line widths so that the following equation (1) is satisfied.

$$\begin{aligned} L_1 &> D / \{1 + 2(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \\ L_2 &< D / \{1 + 2(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

where:

D: droplet diameter

$\theta_1$ : first contact angle

$\theta_2$ : second contact angle.

The following describes how to derive the foregoing equation (1).

As described above, in case of carrying out the pattern formation by dropping the droplets 8 on the substrate 11 having the hydrophilic line 6 and the hydrophobic region 7, i.e., a hydrophilic-and-hydrophobic pattern, the shape of the landed droplet may either remain the same, or change along the pattern being formed. Since the landed droplet 8 changes its shape to a shape indicative of a lower energy state, a preferable pattern formation is achieved by calculating a change in the energy state, and previously controlling the diameter  $D$  of the droplet 8 in accordance with the line width  $L$  of the hydrophilic line 6.

First, as shown in Fig. 1 (a), it is assumed that (I) the droplet 8 with a diameter of  $D$  is dropped on the hydrophilic line 6 sandwiched by the hydrophobic regions 7 on both sides, and (II) the hydrophilic line 6 has a monospaced line width  $L$ . It is further assumed that, as shown in Fig. 2(a), the contact angle of the droplet 8 landed on the hydrophobic region 7 is  $\theta_1$ , and a contact angle of the droplet landed on the hydrophilic region 7 is  $\theta_2$ . In a case where the droplet lands on the hydrophilic line 6, sandwiched by the hydrophobic regions 7 on the both sides, which has the monospaced line width  $L$ , it is

supposed that the contact angle is Cassie's contact angle:  
 $\theta_c$  ( $\theta_1 > \theta_x > \theta_2$ ).

Further, where  $\gamma$  is the surface energy of the droplet 8, the following equation approximately represents an amount of energy  $\Delta W$  consumed with such a change of the shape of the droplet 8 that a radius of the droplet 8 is reduced by  $x$  while it stretches along the hydrophilic line 6:

$$\Delta W = 2D\gamma (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) x.$$

Where  $\Delta S$  a surface area increased by the change in the shape, the surface energy  $\gamma\Delta S$  which increases as the shape changes is approximately:

$$\gamma\Delta S = \gamma(D - L)Dx / L.$$

Accordingly, a total energy change  $\Delta E$  which is the sum of the foregoing two equations is expressed as:

$$\Delta E = \gamma \{D - L - 2L(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} Dx / L.$$

At this point, where:

$$D - L - 2L (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) > 0,$$

that is:

$$L < D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\},$$

the shape will not change, because the increase in the  $\Delta E$  is monotonous whereas the change in the shape of the droplet 8 is not.

On the contrary, where:

$$D - L - 2L (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) < 0,$$

that is:

$$L > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\},$$

the shape will keep changing, because a decrease in the  $\Delta E$  is monotonous whereas the change in the shape of the droplet 8 is not.

For example, where the second contact angle  $\theta_2$  is  $0^\circ$ , and the first contact angle  $\theta_1$  is  $90^\circ$ , the calculation will result in  $D < 3L$ . In this case, the wiring pattern is properly formed with the droplet having the diameter of up to a triple of the width of the hydrophilic line. In other words, it is possible to form the wiring pattern whose width is  $1/3$  of the droplet diameter.

For example, where the second contact angle  $\theta_2$  is  $0^\circ$ , and the first contact angle  $\theta_1$  is  $180^\circ$ , the calculation will result in  $D < 5L$ . In this case, the wiring pattern is properly formed with the droplet having the diameter of up to a quintuple of the width of the hydrophilic line. In other words, it is possible to form the wiring pattern whose width is  $1/5$  of the droplet diameter.

From the equation (3), derived is an equation:  $L > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$ . With this equation, it becomes obvious that a droplet will move along the hydrophilic line 6, in a case where the width  $L$  of the hydrophilic line 6 is wider than  $D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$ . On the other hand, a droplet will not move along the hydrophilic line 6, in a

case where the width  $L$  of the hydrophilic line 6 is narrower than  $D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$ .

Accordingly, by adjusting the widths  $L_1$  and  $L_2$ , which are widths of the hydrophilic line 6 toward front and rear sides of the droplet landed thereon, as in the case with the equation (1), the droplet landed will move towards the line width  $L_1$  whose width is wider than  $D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$ , and will not move towards the line width  $L_2$  whose line width is narrower than  $D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$ . In short, it is possible to move the droplet only in one direction.

The following describes a pattern formation method using the pattern formation substrate of the foregoing arrangement with reference to Figs. 5(a) and 5(b) through Figs. 10(a) and 10(b).

As shown in Figs. 5(a) and 5(b), a substrate 1 having a glass substrate 21 in which a gate wiring pattern 23, a gate insulator 22, and a-Si/ $n^+$  semiconductor layer 24 are formed.

The following describes, with reference to Fig. 4(a) through Fig. 4(d), a treatment for forming, on the substrate 1, the hydrophilic line 6 and the hydrophobic region 7 (hydrophilic-and-hydrophobic pattern), corresponding to a shape of the source and drain wiring patterns.

First, a wettability-modifiable layer 2 is formed on the substrate 1 by applying and drying silane coupling agent or the like, through a method such as spin coat method (See Fig. 4(a)). In the present embodiment, adopted is ZONYL FSN (produced by DuPont corp.), which is a nonionic fluorochemical surfactant, being mixed in isopropyle alcohol.

Then, an ultraviolet exposure is carried out through (I) a mask pattern 4 made of chrome or the like, which has been previously formed, and (II) a photomask 3 having a photocatalyst layer 5 of titanium oxide or the like (Refer to Fig. 4(b)). In the present embodiment, the photocatalyst layer 5 is formed by (A) carrying out the spin coat method for applying a mixture of ethanol and titanium dioxide fine particle dispersion element, and (B) carrying out, after the spin coat method, a thermal treatment at 150 °C. The exposure was carried out for two minutes under an illumination intensity of 70mW/cm<sup>2</sup>, by using a mercury lamp (wavelength band of 365 nm).

This causes an improvement of the wettability only in a portion being exposed to the ultraviolet ray (See Figs. 4(c) and 4(d) ), thereby forming a hydrophilic pattern. Here, as shown in Figs. 6(a) and 6(b), a source region 25 and a drain region 26 of the hydrophilic line are formed. A pattern widths of the narrowest portion in the source

region 25 and the drain region 26 are 20  $\mu\text{m}$ .

Next, as shown in Figs. 7 (a) and 7(b), the inkjet method is carried out for forming a source and a drain wiring on the substrate 1 on which the hydrophilic-and-hydrophobic pattern is formed, by dropping droplets 27 containing the wiring material.

The droplet 8, which is the wiring material, is a mixed solvent of ethanol and diethylene glycol containing Ag fine particles, and viscosity thereof is adjusted in advance to about 10 cP. In the present embodiment, the first contact angle  $\theta_1$  of the droplet with respect to the hydrophobic region 7 is  $80^\circ$  and the second contact angle  $\theta_2$  of the droplet with respect to the hydrophilic line 6 is  $10^\circ$ .

Then, on the substrate 1 on which the hydrophilic-and-hydrophobic pattern is formed, the ejected droplet 27, which is the wiring material, having a diameter of 75  $\mu\text{m}$ , is dropped by using the pattern formation apparatus (See Figs. 7(a) and 7(b)). The landing position of the droplet 27 is the narrowest portion of the pattern where the pattern width starts to increase therefrom (See Fig. 7(a)). In other words, the landing positions of the droplet 27, in the source region 25 and the drain region 26, respectively have the line widths as shown in Fig. 1(b). Each of the line widths is so adjusted as to satisfy the foregoing equation (1)



When the droplet 27 of the foregoing size lands on these portions of the pattern, the droplet 27 flows and disperses in a direction of the pattern being expanded. Thus, as shown in Figs. 8(a) and 8(b), source wiring 29 is formed in a part of the source region 25, and drain wiring 28 is formed in a part of the drain region 26. At this point, the droplet 27 does not disperse in the direction towards the narrowest portion of the pattern. By dropping the droplets 27 in this way, the droplets 27 can be quantitatively dropped without being dropped in the vicinity of the TFT channels (the vicinity of the semiconductor layer 24). This keeps metallic material contained in the droplets 27 from being scattered, thus preventing deterioration in the yield caused by an adhesion of the metallic material.

Then, as shown in Figs. 9(a) and 9(b), the entire targeted regions of the source region 25 and the drain region 26 are filled by (I) adjusting the diameter of the droplet 27 to 50  $\mu\text{m}$ , and (II) dropping the droplet on the narrowest portions of the source region 25 and the drain region 26.

Next, the substrate 1 whose source region 25 and the drain region 26 are filled with the wiring material is dried and calcinated at 200 °C to form the source wiring and the drain wiring as shown in Figs. 10(a) and 10 (b).

As described above, a continuous pattern (the source wiring and the drain wiring) is formed by connecting the droplets, separately adhering to the source region 25 and the drain region 26, to each other. Thus, a number of ejected droplets is minimized, thereby enabling a reduction of the tact time and more durable droplet ejection structure.

In the present embodiment, the pattern of the hydrophilic line 6 on which droplets are dropped has such a shape that line width (pattern width) is continuously changed (See Figs. 11(a) and 11(b)). Thus, where the line widths at the both sides of the droplet landed are respectively  $L_1$  and  $L_2$ ,  $L_1$  is 35  $\mu\text{m}$  and  $L_2$  is 20  $\mu\text{m}$ . In this case, a relation between (i) a dispersion and (ii) the droplet diameter and the line width is as shown in Table 1 below.

Based on Table 1, it is obvious that the direction of the dispersion of the landed droplet can be controlled by optimizing the droplet diameter and the line width.

The present embodiment deals with a case where the pattern width continuously changes as shown in Figs. 11(a) and 11(b), however the pattern width may also change in a step-manner as shown in Fig. 11(c). Further, the pattern may be a bent-shape as shown in Fig. 11(d). The shapes shown in Figs. 11(c) and 11(d) both result in

similar effects as in the case with Figs. 11(a) and 11(b).

Further, in a case where the pattern branches as shown in Fig. 12, the landed droplet also disperses only in the direction of  $L_1$ , provided that the line widths  $L_1$  and  $L_2$  satisfy the foregoing equation (1) (e.g., droplet diameter = 75  $\mu\text{m}$ ,  $L_1 = 35 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 20 \mu\text{m}$ ).

Further, as shown in Fig. 13, in a case where the pattern branches, and the line width are all different from one another, the droplet disperses only in the direction where two of line widths  $L_1$ ,  $L_2$ , and  $L_3$  satisfies the foregoing equation (1) (e.g., the droplet will disperse only in the direction of  $L_1$  when the droplet diameter = 75,  $L_1 = 35 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 15 \mu\text{m}$ ,  $L_3 = 20 \mu\text{m}$ ; The droplet will disperse in the directions of  $L_1$  and  $L_3$  when droplet diameter = 75  $\mu\text{m}$ ,  $L_1 = 35 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 15 \mu\text{m}$ ,  $L_3 = 30 \mu\text{m}$ ).

As described above, (a) the first region (hydrophobic region 7) where an angle at which the droplet contacts the pattern formation surface of the substrate 11 is the first angle and (b) the second region (hydrophilic line 6) positioned adjacent to the hydrophobic region 7 so as to have the second contact angle smaller than the first contact angle are formed on the pattern formation surface, and such a surface treatment that the droplet 8 moves in a predetermined direction upon landing on the hydrophilic line 6 is carried out, thereby obtaining the

following effects.

Since the droplet 8 landed on the hydrophilic line 6 moves towards a predetermined direction, it is possible to target the landing position of the droplet 8 farther than a conventional landing position. Here, the conventional landing position means a position in which the landed droplet 8 can move in all the directions of the hydrophilic line 6.

This is advantageous in a case where there is a droplet-free region in the vicinity of the conventional landing position, because the landing position of the droplet 8 can be targeted far from the droplet-free region. Thus, the droplet 8 is kept from adhering to the droplet-free region.

Accordingly, this solves any problems caused by the adhesion of the droplet to the droplet-free region, such as a case where desirable properties of the wiring pattern (TFT) is not obtained. In short, this improves the yield of wiring pattern with desirable properties.

More specifically, as shown in Fig. 1(b), when (I) the first line width  $L_1$  is a width on a side, in the second region, toward which the droplet moves upon landing, and (II) the second line width  $L_2$  is a width on a side, in the second region, opposite to the side toward which the droplet moves, and (III) the first contact angle of the

droplet on the first region is  $\theta_1$ , and the second contact angle of the droplet on the second region is  $\theta_2$ , and (IV) the droplet diameter is  $D$ , the first line width  $L_1$  and the second line width  $L_2$  are so adjusted as to satisfy the following equations (1):

$$L_1 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$$

and

$$L_2 < D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots\dots\dots (1)$$

By so adjusting the first and the second line widths as to satisfy the equations (1), the landed droplet will move in the predetermined direction; that is, from the region of the hydrophilic line 6 having the second line width towards the region on the side having the first line width.

Further, by regulating the line widths of the droplet 8 landing position so that the equation (1) is satisfied, it is possible to successfully form the wiring, despite the droplet 8 landing position being targeted far from the droplet-free region.

Thus, since the droplets do not adhere to the droplet-free region, deterioration in the properties of the wiring pattern being formed is prevented. This improves the yield of the wiring pattern.

#### [Embodiment 2]

In the present embodiment, as shown in Fig. 14, a

side of a pattern formation surface of a pattern formation substrate includes (I) a hydrophobic region 7 (first region) in which a contact angle with respect to a droplet is a first contact angle, (II) a hydrophilic line 6a (second region) in which the contact angle with respect to the droplet is a second contact angle, (III) and a hydrophilic line 6b (third region) in which contact angle with respect to the droplet, i.e., a third contact angle, is larger than the second contact angle.

Here, it is assumed that: the first contact angle  $\theta_1 >$  the third contact angle  $\theta_3 >$  the second contact angle  $\theta_2$ . In other words, the second region, whose second contact angle is  $\theta_2$ , has a highest wettability with respect to a droplet.

Further, as shown in Fig. 14, a line width of each of the hydrophilic line 6a and the hydrophilic line 6b is L, and a diameter of the droplet being dropped is D.

Further, it is possible to control a direction in which the droplet moves by so adjusting each of the contact angles that the following equation (2) is satisfied.

$$L \times \{1 + 2 (\cos\theta_3 - \cos\theta_1)\} \leq D \leq L \times \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots\dots\dots(2)$$

The right side of the equation (2) is the same as the equation (3) described in the foregoing embodiment 1; that is:  $D < L \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$  (3), and defines the

movement of the droplet on the hydrophobic region 7 and the hydrophilic line 6a. Accordingly, by so adjusting the second contact angle and the first contact angle that the right side is satisfied, the droplet disperses only in the direction of the hydrophilic line 6a.

Further, the left side of the equation (2) defines the movement of the droplet on the hydrophobic region 7 and the hydrophilic line 6b. Accordingly, by so adjusting the third contact angle and the second contact angle that the left side is satisfied, the droplet does not disperse toward the hydrophilic line 6b. However, the droplet will disperse when a relationship between the hydrophobic region 7 and the hydrophilic line 6b satisfies the right side of the equation (2).

Thus, by adjusting each of the contact angles so that the equation (2) is satisfied, the droplet landed on the pattern formation substrate disperses only in the hydrophilic line 6a. Therefore, the width of the hydrophilic line 6 does not have to be changed as in the case with the foregoing embodiment 1. However, it is necessary that the droplet 8 land in such a position that the center of the droplet is positioned on the border between the hydrophilic line 6a and the hydrophilic line 6b.

The following describes a method for forming source

and drain wiring patterns of a TFT liquid crystal display panel by using the foregoing pattern formation substrate.

As shown in Figs. 15(a) and 15(b), a substrate 1 having a glass substrate 31 in which a gate wiring pattern 33, a gate insulator 32, and an a-Si/n<sup>+</sup> semiconductor layer 34 are formed is used.

First, a hydrophilic-and-hydrophobic pattern, which is the source and drain wiring, is formed on the substrate 1 as shown in Figs. 15(a) and 15(b) by carrying out the method similar to the embodiment 1. As for exposure conditions, a region far from the TFT (first region) is exposed for one minute by using a mercury lamp (wavelength band of 365 nm) at an illumination intensity of 70 mW/cm<sup>2</sup>, and the region in the vicinity of the TFT (second region) is exposed for two minutes. Here, as shown in Figs. 16(a) and 16(b), the hydrophilic pattern of the source region 35 and the drain region 36 are formed. Each of pattern widths of the regions is 35  $\mu$ m and constant.

It should be noted that the source region 35 includes a first source region 35a having a high wettability, and a second source region 35b having a lower wettability than that of the first source region 35a. Further, the drain region 36 includes a first drain region 36a having a high wettability, and a second drain region 36b having a lower



wettability than that of the first drain region 36a. The wettability of the first source region 35a equals to that of the first drain region 36a, and the wettability of the second region 35b equals to that of the second drain region 36b.

Next, as shown in Figs. 17(a) and 17(b), the source and drain wiring is formed by carrying out an inkjet method for dropping droplets 37 (wiring material) onto the substrate 1 on which the hydrophilic-and-hydrophobic pattern is formed. The droplet, an inkjet head, and the apparatus used here are the same as those used in the embodiment 1.

Here, (I) the first contact angle is  $80^{\circ}$ , in a case where the droplets 37 are dropped on the hydrophobic region, (II) a third contact angle is  $45^{\circ}$ , in a case where the droplets 37 are dropped on the hydrophilic pattern (second exposure region) including the second source region 35b and the second drain region 36b, and (III) a second contact angle is  $10^{\circ}$ , in a case where the droplets 37 are dropped on the hydrophilic pattern (first exposure region) including the first source region 35a and the first drain region 36a.

As shown in Figs. 17(a) and 17(b), the droplets 37 each of which has a diameter of  $75\ \mu\text{m}$  are dropped, by using the inkjet apparatus, onto the substrate 1 on which

the hydrophilic-and-hydrophobic pattern is formed . As shown in Figs. 17(a) and 17(b), the landing positions of the respective droplets 37 are in the vicinity of the border between the first and second exposure regions.

In other words, the source region 35 and the drain region 36 in the landing positions of the droplets 37 respectively result in the wettability (the relationship between contact angles of the droplets 37) shown in Fig. 14. Each of the contact angles is so adjusted as to satisfy the foregoing equation (2).

In a case where the droplets each of which has this size are dropped on these portions, the droplets 37 flow and disperse in a direction of the first exposure region; i.e. the first source region 35a and the first drain region 36a (See Figs. 18(a) and 18(b)), but not in a direction of the second exposure region; i.e. the second source region 35b and the second drain region 36b. This forms a source wiring 38 and a drain wiring 39. By dropping the wiring material as described, the wiring material is quantitatively dropped without being dropped in the vicinity of the TFT channels. This prevents deterioration in the yield caused by metallic material being scattered and adhering to a channel section.

Then, as shown in Figs. 19(a) and 19(b), the entire targeted regions of the source wiring 38 and the drain

wiring 39 are filled with liquid material by (I) adjusting the diameter of the droplet to 50  $\mu\text{m}$ , and (II) dropping the droplet on the narrowest portions.

Finally, the source and drain wiring is completed by drying and calcinating the substrate 1 on which the wiring material is dropped.

In a case where the line width is 35  $\mu\text{m}$ , the dispersion of the droplets resulted as shown in Table 2 below.

The present embodiment deals with a case where the pattern width is constant, and the contact angles on the both ends of the landed droplet are different from each other.

However, the similar effects are obtained by changing the pattern width. Further, the shape of the pattern may be straight or a bent-shape. Further, the similar effects are also obtained even in a case where the shape of the pattern is in a branched-manner having three branches or more.

The foregoing arrangement also allows the controlling of the direction in which the landed droplet moves. Thus, the similar effects as in the case with the foregoing embodiment 1 are obtained.

Further, on the substrate 11 serving as the pattern formation substrate, regions having various degrees of the wettability (the hydrophobic region 7, the hydrophilic line

6a, the hydrophilic line 6b) are formed. The droplets are landed so as to cover the three-regions.

More specifically, where (I) the contact angle of the droplet with respect to the hydrophobic region 7 is the first contact angle  $\theta_1$ , (II) the contact angle of the droplet with respect to the hydrophilic line 6a is the second contact angle  $\theta_2$ , (III) the contact angle of the droplet with respect to the hydrophilic line 6b is the third contact angle  $\theta_3$ , (IV) the width of each of the hydrophilic lines 6a and 6b is a line width L, and (V) the diameter of the droplet is the diameter D, the contact angles are so adjusted as to satisfy the following equation (2).

$$L \times \{1 + 2 (\cos\theta_3 - \cos\theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots \dots (2)$$

In this case, since the contact angles in the respective regions are so adjusted as to satisfy the equation (2), it is possible to cause the droplet landed, overlapping the three regions, to move in a predetermined direction, without changing the line widths of the hydrophilic lines 6a and 6b. For example, in a case where the second contact angle  $\theta_2$  is smaller than the third contact angle  $\theta_3$ , in the hydrophilic lines 6a and 6b, the landed droplet is more likely to move in the side of the hydrophilic line 6b where the contact angle is the second contact angle  $\theta_2$  in a side of the hydrophilic line 6b where the contact angle is

the third contact angle  $\theta_3$ . Here, in a case where the third contact angle  $\theta_3$  equals to the first contact angle  $\theta_1$  in the hydrophobic region 7, the droplet is repelled by the hydrophilic line 6b where the contact angle is the third contact angle  $\theta_3$ . This causes the droplet to move only in the direction of the hydrophilic line 6a where the contact angle is the second contact angle  $\theta_2$ .

As described, by defining the line widths of the droplet landing position so that the equation (2) is satisfied, it is possible to successfully form the wiring, despite the droplet landing position being targeted far from the droplet-free region.

Thus, since the droplets do not adhere to the droplet-free region, deterioration in the properties of the wiring pattern being formed is prevented. This improves the yield of the wiring pattern.

It should be noted that, in each of the foregoing embodiments, the liquid wiring material used for forming the wiring is obtained by dispersing Ag fine particles in a mixed solvent of ethanol and diethylene glycol. Therefore, the affinity with liquid is expressed as "hydrophilic", and the repellency to liquid is expressed as "water repellency". However, the solvent for mixing in the wiring material may be an oil base instead of a water base. In such a case, the affinity with liquid may be expressed as "lipophilic".

and the repellency to liquid may be expressed as "oil repellency".

Further, each of the foregoing embodiments deal with a case where the inkjet method utilizing an inkjet head is used for ejecting the droplets on the substrate 11 serving as the pattern formation substrate, however the present invention is not limited to this, and it is possible to adopt any mechanisms, such as dispenser system or the like, in which the droplet diameter can be controlled.

Further, the inkjet head is not limited to a piezo-electric type inkjet head, and a thermal type inkjet head such as Bubble Jet (trademark registered) may be adopted.

As described above, a pattern formation substrate of the present invention, on which a surface of the second region is treated so that the droplet moves in a predetermined direction when the droplet is landed, includes (A) a first region where a contact angle at which the droplet contacts the targeted surface is a first contact angle, said first region being formed on the targeted surface; and (B) one or more second regions where the contact angle of the droplet is a second contact angle smaller than the first contact angle, said second region being formed on the targeted surface so as to be positioned adjacent to the first region, in which a surface

of the second region is treated so that the droplet moves in a predetermined direction when the droplet is landed.

Thus, since the droplet landed on the second region moves in the predetermined direction, it is possible to target the landing position of the droplet in a position far from a conventional landing position. Here, a conventional landing position means that a position where the droplet landed on the second region can move in all the directions.

This is advantageous in a case where there is a droplet-free region in the vicinity of the conventional landing position, because the landing position of the droplet can be targeted at the position far from the droplet-free region. Thus, the droplet is kept from adhering to the droplet-free region.

Accordingly, this solves any problems caused by the adhesion of the droplet to the droplet-free region, such as a case where desirable properties of the wiring pattern (TFT) is not obtained. In short, this improves the yield of wiring pattern with desirable properties.

Further, it is possible to adapt so that a first line width  $L_1$  and a second line width  $L_2$  are so adjusted as to satisfy an equation (1) below,

$$L_1 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$$

and

$$L_2 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots \dots \dots (1),$$

where:

the first line width  $L_1$  is a width on a side, in the second region, toward which the droplet moves upon landing,

the second line width  $L_2$  is a width on a side, in the second region, opposite to the side toward which the droplet moves,

$\theta_1$  is the first contact angle of the droplet in the first region,

$\theta_2$  is the second contact angle of the droplet in the second region, and

$D$  is a diameter of the droplet.

By adjusting the first and the second line widths so that the equation (1) is satisfied, it is possible to cause the droplet landed to move in the predetermined direction; i.e., from the side of the second line width in the second region toward the first line width.

By defining the line widths of the droplet landing position so that the equation (1) is satisfied, it is possible to successfully form the wiring, despite the droplet 8 landing position being targeted far from the droplet-free region.

Thus, since the droplets do not adhere to the droplet-free region, deterioration in the properties of the



wiring pattern being formed is prevented. This improves the yield of the wiring pattern.

Further, it is possible to adapt so that each of the contact angles is so adjusted as to satisfy an equation (2) below,

$$L \times \{1 + 2 (\cos\theta_3 - \cos\theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots \dots (2),$$

where:

$\theta_1$  is the first contact angle of the first region with respect to the droplet,

$\theta_2$  is the second contact angle of the second region with respect to one side of the droplet landed,

$\theta_3$  is a third contact angle of the second region with respect to another side of the droplet,

a line width  $L$  is a width of the second region, and

$D$  is a diameter of the droplet; and

a position of the droplet being landed is targeted so as to overlap the first region and two of the second regions.

In this case, since the contact angles in the respective regions are so adjusted as to satisfy the equation (2), it is possible to cause the droplet landed, overlapping the three regions, to move in a predetermined direction, without changing the line widths of the hydrophilic lines 6a and 6b. For example, in a case where the second contact angle  $\theta_2$  is smaller than the third contact angle  $\theta_3$ ,

in the hydrophilic lines 6a and 6b, the landed droplet is more likely to move in the side of the hydrophilic line 6b where the contact angle is the second contact angle  $\theta_2$  than in a side of the hydrophilic line 6b where the contact angle is the third contact angle  $\theta_3$ . Here, in a case where the third contact angle  $\theta_3$  equals to the first contact angle  $\theta_1$  in the hydrophobic region 7, the droplet is repelled by the hydrophilic line 6b where the contact angle is the third contact angle  $\theta_3$ . This causes the droplet to move only in the direction on the side of the region where the contact angle is the second contact angle  $\theta_2$ .

By defining the line widths of the droplet landing position so that the equation (1) is satisfied, it is possible to successfully form the wiring, despite the droplet 8 landing position being targeted far from the droplet-free region.

Thus, since the droplets do not adhere to the droplet-free region, deterioration in the properties of the wiring pattern being formed is prevented. This improves the yield of the wiring pattern.

As described above, in the pattern formation method of the present invention, the droplets are ejected to the pattern formation substrate.

Since it is possible to control the direction in which the droplet landed on the pattern formation substrate

moves, the droplet landing position can be targeted at the position far from the droplet-free region.

Accordingly, this solves any problems caused by the adhesion of the droplet to the droplet-free region, such as deterioration in the yield of the wiring pattern.

The invention being thus described, it will be obvious that the same way may be varied in many ways. Such variations are not to be regarded as a departure from the spirit and scope of the invention, and all such modifications as would be obvious to one skilled in the art are intended to be included within the scope of the following claims.

#### INDUSTRIAL APPLICABILITY

A pattern formation method and a pattern formation substrate of the present invention are suitably adopted to a field of forming a wiring pattern of a circuit board by using an inkjet technology, and particularly to a field requiring an improvement in the yield of the circuit board, an improvement in duration of an inkjet head, and reduction of production costs.

## CLAIMS

1. A pattern formation substrate on which a predetermined pattern is formed by ejecting a droplet to a targeted surface, said pattern formation substrate being characterized by comprising:

a first region where a contact angle at which the droplet contacts the targeted surface is a first contact angle, said first region being formed on the targeted surface; and

one or more second regions where the contact angle of the droplet is a second contact angle smaller than the first contact angle, said second region being formed on the targeted surface so as to be positioned adjacent to the first region, wherein

a surface of the second region is treated so that the droplet moves in a predetermined direction when the droplet is landed.

2. The pattern formation substrate as set forth in claim 1, wherein:

a first line width  $L_1$  and a second line width  $L_2$  are so adjusted as to satisfy an equation (1) below,

$$L_1 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\}$$

and

$$L_2 > D / \{1 + 2 (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots \dots \dots (1),$$

where:

the first line width  $L_1$  is a width on a side, in the second region, toward which the droplet moves upon landing,

the second line width  $L_2$  is a width on a side, in the second region, opposite to the side toward which the droplet moves,

$\theta_1$  is the first contact angle of the droplet in the first region,

$\theta_2$  is the second contact angle of the droplet in the second region, and

$D$  is a diameter of the droplet.

3. The pattern formation substrate as set forth in claim 1, wherein:

each of the contact angles is so adjusted as to satisfy an equation (2) below,

$$L \times \{1 + 2 (\cos\theta_3 - \cos\theta_1)\} < D < L \times \{1 + 2(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\} \dots \dots \dots (2),$$

where:

$\theta_1$  is the first contact angle of the first region with respect to the droplet,

$\theta_2$  is the second contact angle of the second region with respect to one side of the droplet landed,

$\theta_3$  is a third contact angle of the second region with

respect to another side of the droplet,

a line width L is a width of the second region, and

D is a diameter of the droplet; and

a position of the droplet being landed is targeted so as to overlap the first region and two of the second regions.

4. A method for forming a pattern, characterized by comprising the step of forming a predetermined pattern by ejecting a droplet to the pattern formation substrate as set forth in any one of claims 1 through 3.

5. The method as set forth in claim 4, wherein a continuous pattern is formed by connecting a plurality of droplets adhering to a targeted surface in a scattering-manner.

6. The method as set forth in claim 4, wherein an inkjet head is used for ejecting the droplet.

7. The method as set forth in claim 4, wherein the first and the second regions are formed substantially in a flat shape.

8. The method as set forth in claim 4, wherein the droplet contains an electrically conductive particle.

## ABSTRACT

A pattern formation substrate comprising a substrate having thereon a hydrophobic region exhibiting repellency to liquid drops and a hydrophilic line exhibiting affinity with liquid drops. The hydrophilic line has such a surface treatment that upon landing of a liquid drop thereon, the liquid drop moves in the arrowed direction. Thus, attachment of liquid drops to regions to which liquid drops should not be adhered can be prevented, thereby enabling forming a pattern of desired characteristics.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**